



La importancia de las inversiones en capacidad de producción plantea a las empresas el reto de cómo utilizar la capacidad máxima disponible de sus instalaciones.

CAPACIDAD Y DISTRIBUCIÓN FÍSICA

Adecuar aquella capacidad de producción al comportamiento de la demanda exige prever la evolución de ésta tanto a corto como a largo plazo, distinguiendo entre el sector industrial y el de servicios, así como valorar el riesgo que puede ocasionar a las empresas el exceso de capacidad.

Roberto CARRO PAZ
Daniel GONZÁLEZ GÓMEZ

14



El Sistema de Producción y Operaciones

CRÉDITOS FOTOGRÁFICOS:

La totalidad de las fotografías incluidas en este trabajo han sido tomadas por los autores.

Ni la totalidad ni parte de este trabajo pueden reproducirse, registrarse o transmitirse, por un sistema de recuperación de información, en ninguna forma ni por ningún medio, sea electrónico, mecánico, fotoquímico, magnético o electroóptico, por fotocopia, grabación o cualquier otro, sin permiso previo por escrito de los autores.

CAPACIDAD Y DISTRIBUCIÓN FÍSICA



La importancia de las inversiones en capacidad de producción plantea a las empresas el reto de cómo utilizar la capacidad máxima disponible de sus instalaciones. Adecuar aquella capacidad de producción al comportamiento de la demanda exige prever la evolución de ésta tanto a corto como a largo plazo, distinguiendo entre el sector industrial y el de servicios, así como valorar el riesgo que puede ocasionar a las empresas el exceso de capacidad.

Después de decidir qué productos o servicios será conveniente ofrecer y cómo deberán elaborarse, la gerencia tiene que planear la capacidad del sistema. La capacidad es la máxima velocidad de producción de una operación. Esta última puede ser una estación de trabajo o una organización entera. El gerente de operaciones debe suministrar la capacidad necesaria para satisfacer la demanda actual y futura; de otra manera, la organización perdería oportunidades de crecimiento y de ganar beneficios.

Los planes referentes a la capacidad se elaboran en dos niveles. Los planes de capacidad a largo plazo se refieren a las inversiones en equipo e instalaciones nuevas. Estos planes se extienden por lo menos dos años hacia el futuro, pero el tiempo que se requiere para la construcción, por sí solo, puede imponer horizontes de tiempo mucho más largos. El segundo nivel, son los planes en materia de capacidad a corto plazo como los enfocados en el tamaño de la fuerza de trabajo, presupuestos para horas extras, inventarios y decisiones de otro tipo.



La importancia de las inversiones que supone la instalación de una planta hidroeléctrica generadora de electricidad como Itaipú Binacional de la fotografía, obliga a planificar el uso de la máxima capacidad disponibles para no incurrir en la falta de capacidad.



PLANIFICACIÓN DE LA CAPACIDAD

La planificación de la capacidad es fundamental para el éxito a largo plazo de una organización. La capacidad excesiva puede ser tan fatal como la capacidad insuficiente. Al escoger una estrategia de capacidad, los directivos deben analizar preguntas como: ¿cuánto “colchón” se necesita para manejar la demanda incierta y variable? ¿debemos expandir la capacidad antes de que la demanda se manifieste claramente o es mejor esperar hasta que esta última se profile con mayor certeza? Se requiere un método sistemático para contestar éstas y otras preguntas similares y para desarrollar una estrategia de capacidad que sea apropiada para cada situación.

Ninguna medición de capacidad es aplicable a todas las situaciones. Los hospitales miden su propia capacidad por el número de pacientes que pueden ser tratados cada día; un comerciante minorista mide la capacidad en función del valor monetario de las ventas anuales generadas por metro cuadrado; una aerolínea usa como medida de capacidad el número de asientos-millas disponibles al mes; un teatro mide la capacidad por el número de sus localidades; y un taller con producción intermitente tiene como medida de capacidad el número de horas-máquina.

En general, la capacidad se expresa en cualquiera de estas dos formas: como mediciones de salida de producto (opción usual para procesos de flujo en línea) o como mediciones de insumos (opción habitual para procesos de flujo flexible).

La planificación de la capacidad requiere el conocimiento de la capacidad actual y su utilización. La utilización, o sea, el grado en que el equipo, el espacio o la mano de obra se emplean actualmente, se expresa como un porcentaje:

$$\text{Utilización} = \frac{\text{Tasa de producción promedio}}{\text{Capacidad máxima}} \times 100$$

La tasa de producción promedio y la capacidad se deben medir en los mismos términos, ya sea en tiempo, clientes, unidades o dinero. La tasa de utilización indica la necesidad de conseguir capacidad adicional o eliminar aquella que es innecesaria. La principal dificultad para quien intenta calcular la utilización consiste en definir la capacidad máxima; es decir, el denominador que observamos en la razón anterior. Dos definiciones de capacidad máxima son útiles: la capacidad pico y la capacidad efectiva.

La máxima producción que se puede lograr en un proceso o instalación, bajo condiciones ideales, se llama **capacidad pico**. Cuando la capacidad se mide únicamente en relación con el equipo, la medida apropiada es la capacidad nominal, es decir, una evaluación de ingeniería sobre la producción máxima anual suponiendo una operación continua, salvo por un margen de tiempo de inactividad para realizar las tareas normales de mantenimiento y reparaciones. La capacidad pico sólo puede sostenerse durante cortos períodos como algunas horas al día o unos cuantos días al mes. Una empresa alcanza esa capacidad utilizando métodos de producción marginales como cantidades excesivas de tiempo extra, turnos adicionales, reducción temporal de las actividades de mantenimiento, personal complementario y subcontratación. Aún cuando todas las opciones mencionadas ayudan a alcanzar picos temporales de producción, no es posible sostenerlas por mucho tiempo.

La máxima salida de producción que un proceso o que una empresa es capaz de sostener económicamente, en condiciones normales, es su **capacidad efectiva**. En algunas organizaciones, la capacidad efectiva implica operar con un solo turno; en otras, requiere una operación con tres turnos. Por esta razón, el INDEC (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos) define la capacidad como “el más alto nivel de producción que una empresa puede sostener razonablemente con horarios realistas de trabajo para sus empleados y el equipo que ya tiene instalado”.

La mayoría de las instalaciones tienen múltiples operaciones y con frecuencia sus capacidades efectivas no son idénticas. Se llama **cuello de botella** a la operación que tiene la capacidad efectiva más baja entre todas las de la instalación y que, por lo tanto, limita la salida de productos del sistema. La figura 14.1 (a) muestra una instalación donde la operación 2 representa un cuello de botella que limita la producción a 50 unidades por hora. En efecto, la instalación sólo puede producir a una velocidad igual a la más lenta de sus operaciones. La figura 14.1 (b) muestra la instalación cuando las capacidades están perfectamente equilibradas, de tal modo que cada una de las operaciones es un cuello de botella. La verdadera expansión de la capacidad de la instalación se presenta sólo cuando la capacidad del cuello de botella se incrementa. En (a), al aumentar inicialmente la capacidad de la operación 2 (y no de las operaciones 1 o 3) se incrementará la capacidad del sistema. Sin embargo, cuando la capacidad de la operación 2 alcanza la cifra de 200 unidades por hora, como se aprecia en (b), las tres operaciones tendrán que ser expandidas en forma simultánea para conseguir un incremento adicional de la capacidad.

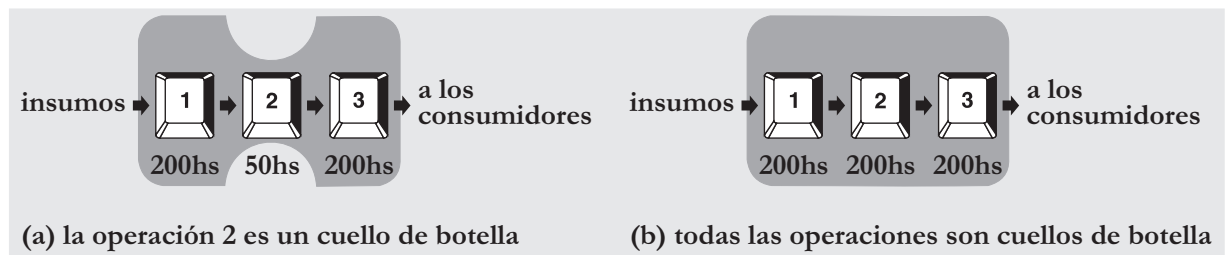


Figura 14.1

Cuellos de botella de la capacidad de una instalación con tres operaciones.

Si un proceso tiene flujos flexibles, como el de un taller de producción intermitente, no disfruta de los simples flujos de línea que ilustra la figura 14.1. En sus operaciones, tiene que procesar muchos elementos diferentes, y las demandas de cualquiera de esas operaciones podrían variar en forma apreciable de un día para otro. Aún en este caso, es posible identificar los cuellos de botella, calculando la utilización promedio de cada operación. Sin embargo, la variabilidad de la carga de trabajo también crea cuellos de botella flotantes. En una semana la mezcla de trabajo puede hacer que la operación 1 se convierta en un cuello de botella, y la mezcla de la semana siguiente puede hacer que la operación limitante sea la 3. Este tipo de variabilidad incrementa la complejidad de la programación del trabajo de cada día. En una situación de este tipo, la gerencia prefiere que sus tasas de utilización sean bajas, pues éstas le permiten una mayor holgura para absorber incrementos inesperados de la demanda.



La decisión de aumentar la capacidad a corto plazo en una fábrica textil cuya demanda está sujeta a cambios difíciles de controlar, vendrá dada a menudo por la incertidumbre respecto a la continuidad de la demanda, lo que exigirá una estrecha colaboración entre el responsable del taller y el departamento comercial. Las medidas de implementación a corto plazo requiere, por regla general, una inversión baja, por lo que las decisiones no se toman en los niveles superiores de la empresa, sino que basta con tomarlas a escala del centro de trabajo. Pero a menudo la ausencia de una estrategia corporativa fomenta que se resuelvan problemas de largo plazo con medidas de corto plazo.



ECONOMÍAS DE ESCALA

La definición más conocida de economía de escala establece que, cuanto mayores sean los volúmenes de salida, menores serán los costos unitarios. En el trasfondo de esta aseveración, se adivina una gran confusión. Si se toman como ejemplo cuatro fábricas diferentes, todas del mismo sector industrial, a las que A y B son idénticas en todo, excepto en que la capacidad de la planta B está menos utilizada que la de A y la fábrica C es igual que la A, salvo que dobla a esta última en capacidad; y, por último, la fábrica D es totalmente diferente, tecnológicamente hablando, de las otras tres y produce el doble que A, el resultado sería el que aparece en el siguiente cuadro.

<i>Economías de escala</i>				
<i>Planta</i>	<i>Capacidad</i>	<i>Volumen producto</i>	<i>Tecnología del proceso</i>	<i>Costo por unidad producida</i>
A	100	100	X	10 u.m./unidad
B	100	40	X	mayor que 10 u.m./unidad
C	200	200	X	menor que 10 u.m./unidad
D	200	200	Y	mucho menor que 10 u.m./unidad
(100 ; 200) diferencia de capacidad				
(100 ; 40) diferencia sólo en volumen o capacidad utilizada				
(X ; Y) diferencia sólo en tecnología de proceso				

Economías de volumen. Evidentemente, el mayor volumen producido en A respecto a B implicará que el costo unitario de A será menor que el de los productos de B, ya que en A el reparto de todos los costos fijos se llevará a cabo sobre un mayor número de unidades (100 frente a 40 de B). Las economías de volumen, como en este caso, pueden incluirse o no en el concepto de economías de escala. Es cierto que no todos los autores están de acuerdo en su inclusión, pero en cualquier caso, ha de conocerse el efecto del volumen o de la capacidad utilizada.

Economías de capacidad. Tal como se observa en el cuadro, el costo unitario producido en la fábrica C es menor que el obtenido en la fábrica A. La mayor capacidad de la planta C permite trabajar proporcionalmente con menos stock de materias primas. Esto se basa en el conocido principio del lote económico, que afirma que el inventario óptimo crece sólo la raíz cuadrada del volumen y no proporcionalmente a éste. Estos efectos se producen también en el almacén de productos terminados.

Aparte de los ahorros asociados a menos inversión en stocks, existirán otros como resultados de que la dimensión de algunos servicios generales será la misma para ambas capacidades, como mantenimiento, informática, etc. Las economías de capacidad pueden incluirse, por consiguiente, en las economías de escala, aunque manteniendo su propia identidad.

Economía de la tecnología de proceso. Volviendo al cuadro, se observa que la fábrica D es la que produce con un costo unitario menor. La fábrica D tiene una tecnología de procesos diferente de las otras, más avanzada y más automatizada. Consigue producir tanto como C, pero con menos trabajadores. Esta es la primera razón por la cual el costo puede ser menor (menos costos laborales produciendo la misma cantidad). Ha de tenerse en cuenta que los costos de capital podrían compensar esta ganancia, aunque éste no es el caso que se ha tomado como supuesto.

Especialización en el trabajo. El cambio de proceso implica normalmente la especialización en el trabajo, con lo que se llega a una situación de trabajos vacíos de todo contenido puesto que el proceso se organiza para que el tiempo y la responsabilidad de los operarios estén enfocados a la consecución de la productividad a través de la repetición y la especialización. El ritmo de trabajo pasa de ser voluntad del trabajador a ser patrimonio de la Dirección.

Tanto la sustitución de trabajo por capital como la especialización del trabajo alteran la tecnología del proceso, consiguiendo menores costos unitarios. La economía de la tecnología del proceso se incluye también



Las grandes cadenas de supermercados se benefician con las economías de escala porque su red de sucursales les permite vender grandes volúmenes de cada producto. En la fotografía, sucursal de la cadena francesa Carrefour.

DESECONOMÍAS DE ESCALA

En un momento dado, las dimensiones de una instalación pueden llegar a ser tan grandes que se empiezan a generar en ella deseconomías de escala; es decir, el costo unitario promedio se eleva a medida que se incrementa el tamaño de la instalación. La razón de esto es que un tamaño excesivo suele traer consigo complejidad, una pérdida de enfoque e ineficiencias que elevan el costo unitario promedio de un producto o servicio. Es posible que se acumulen demasiados niveles de empleados y una jerarquía burocrática. De esta forma la Dirección deja de estar en contacto con los empleados y los clientes. La organización se vuelve menos ágil y pierde la flexibilidad necesaria para responder frente a los cambios de la demanda. Muchas empresas grandes llegan a estar tan absortas en el análisis y la planificación que realizan menos innovaciones y evitan los riesgos. El resultado es que, en numerosas industrias, las compañías pequeñas consiguen superar en rendimiento a corporaciones gigantescas.

La figura 14.2 ilustra la transición de las economías de escala a las deseconomías de escala. El hospital de 50 camas obtiene economías de escala porque su costo unitario promedio en su mejor nivel de operación, representado por el punto negro, es menor que el costo unitario promedio del hospital de 25 camas. Sin embargo, una expansión adicional para convertir el de 50 en un hospital de 75 camas lo obliga a incurrir en costos unitarios promedio más altos y a registrar deseconomías de escala. Una explicación de por qué el hospital de 50 camas disfruta de mayores economías de escala que el de 25 es que el costo requerido para su construcción y equipamiento es menor del doble del costo requerido para la construcción y equipamiento del hospital más pequeño. La instalación de 75 camas disfrutaría de ahorros similares. Así pues, sus costos unitarios promedio más altos sólo pueden explicarse por la presencia de deseconomías de escala, las cuales son mayores que los ahorros registrados en los costos de construcción.

El ejemplo representado en la figura 14.2 no significa que el tamaño óptimo para todos los hospitales sea de 50 camas. El tamaño óptimo dependerá del número de pacientes que cada uno de los hospitales tenga que atender por semana. Por una parte, los servicios de un hospital en una comunidad pequeña tendrían costos mas bajos si éste escogiera una capacidad de 25 camas en lugar de 500. Por otra parte, suponiendo que persista la misma estructura de costos, una comunidad más grande será atendida con más eficiencia por dos hospitales de 50 camas, que por una sola instalación de 100 camas.



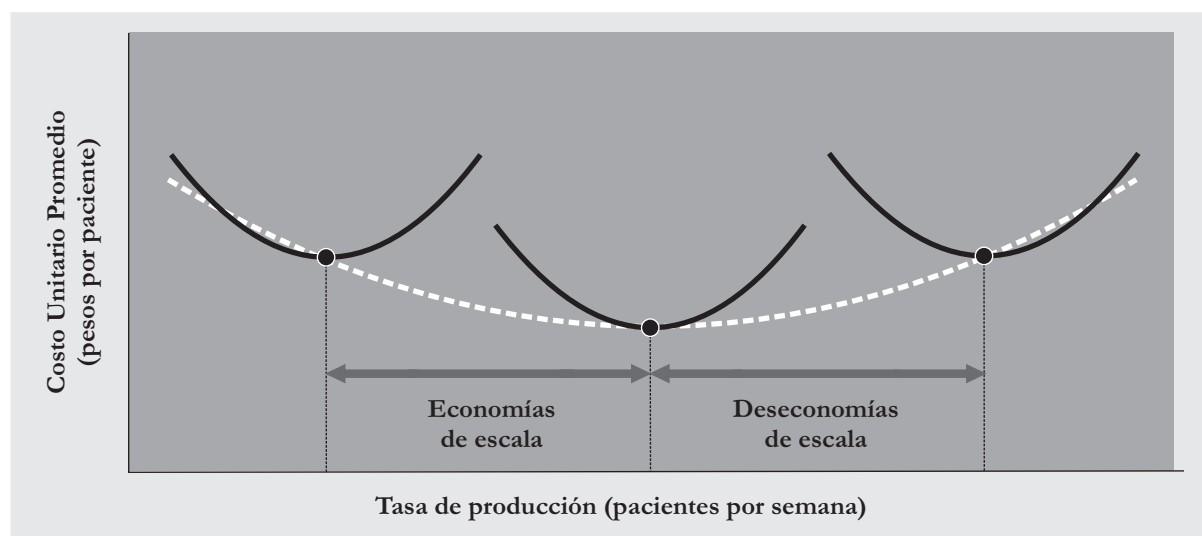


Figura 14.2

Economías y deseconomías de escala.

Las economías de escala varían según la industria de que se trate y eso afecta el tamaño de la planta. Así pues, los gerentes establecen a menudo políticas sobre el tamaño máximo para cualquier instalación. Los toques de 200 empleados para el tamaño de una planta son comunes en ciertas industrias, como las de elaboración de electrodomésticos. Para industrias como la de equipo de transporte o la electrónica, donde las economías de escala son particularmente fuertes, los límites se elevan muchísimo más, estando alrededor de los 2.000 empleados. El verdadero reto al establecer estos límites consiste en prever cómo cambiarán los costos y los ingresos para diferentes tasas de producción y tamaños de instalación.

RELACIÓN ENTRE COSTO UNITARIO Y CAPACIDAD

Desde el punto de vista operativo, la economía de volumen se puede identificar con los resultados de la gestión de la capacidad ya existente en la empresa. Pero las decisiones sobre el incremento de la capacidad afectarán directamente al concepto denominado **economía de capacidad**. Puede trazarse una curva de relación matemática entre el costo unitario y la capacidad que se expresa:

$$Q = aC^b$$

Donde Q es el costo unitario, C representa la capacidad, y a y b son dos parámetros; a puede tomar cualquier valor en función de factores exógenos, tales como diferentes tecnologías (economía de tecnología, aprendizaje, etc.), mientras que b normalmente es menor que 1 y mayor que 0. Así, cuanto menor sea b , mayores economías de escala se obtendrán, hasta llegar a un punto que representa la capacidad óptima ya que constituye un mínimo en la curva de costos. A partir de este punto, el parámetro b puede tener valores negativos, produciéndose deseconomías de escala. Las razones de esta inversión de la tendencia favorable de los costos unitarios es múltiple. Por un lado, el incremento del costo de la financiación del proyecto al tomar éstas dimensiones excesivas para el pasivo de la empresa; por otro, la eventualidad en cada caso de efectuar fuertes saltos en la inversión como consecuencia de la compra de terrenos o por razones técnicas, como el tamaño del módulo mínimo de ampliación.

Los factores exógenos a una situación de capacidad determinada se traducen en diferentes valores de a (a_1, a_2, a_3). Con este parámetro, se incorpora el concepto de economía de escala al anteriormente denominado economía de la tecnología del proceso.

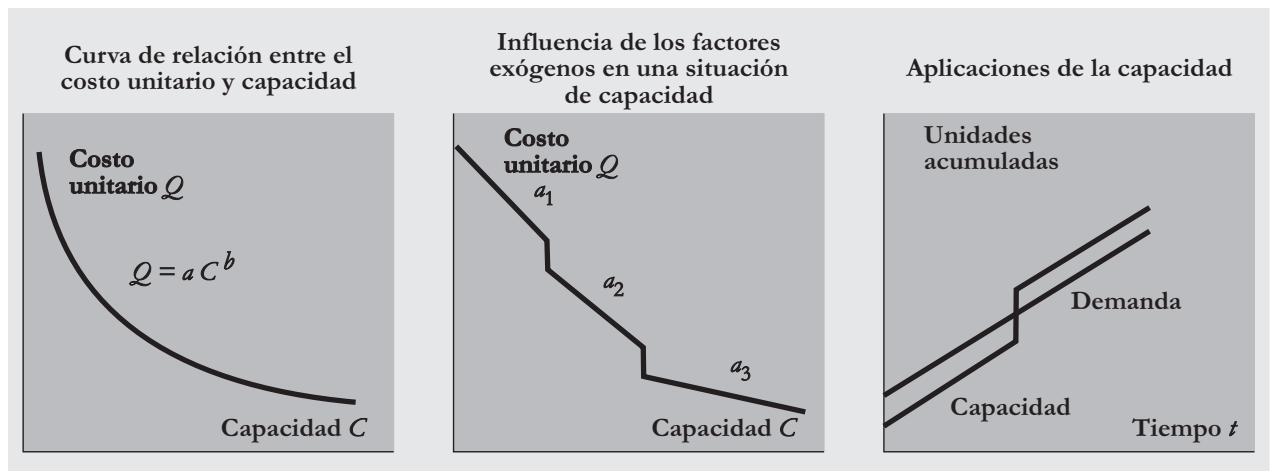
**Figura 14.3**

Gráfico relación entre costo unitario y capacidad.

De lo expuesto se puede deducir que la curva de economía de escala es diferente para cada empresa y en cada situación (valor de a). Sin embargo, se han hecho intentos para obtener valores comparativos a nivel sectorial de un país y no es difícil realizar un cálculo aproximado para una empresa determinada, teniendo en cuenta que, al aplicar escalas logarítmicas, la curva se transforma en una recta.

Como conclusión, puede sugerirse que se evite la ambigüedad del concepto de economías de escala y en su lugar se analicen separadamente los efectos de la capacidad, el volumen y la tecnología en cada empresa y en su situación específica.

ESTRATEGIAS DE CAPACIDAD

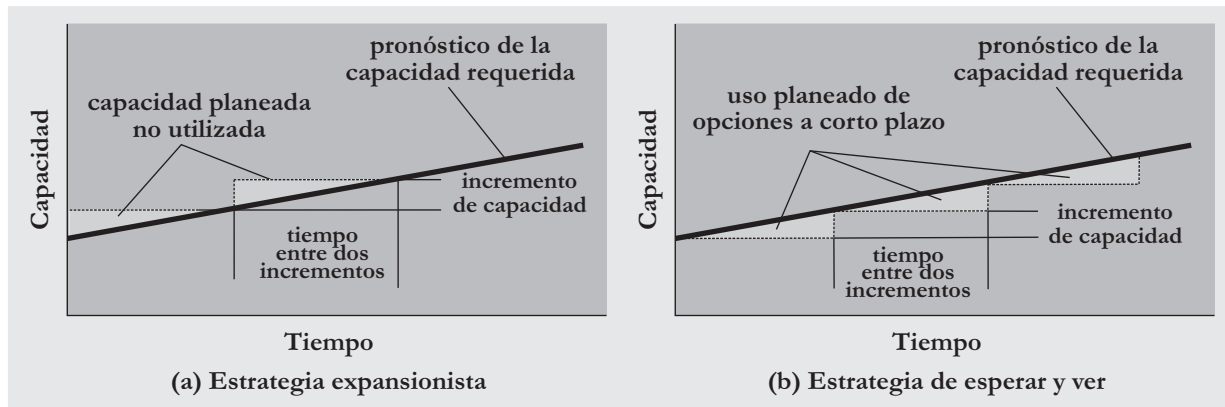
Antes de tomar decisiones referentes a la capacidad, los gerentes de operaciones tienen que examinar tres dimensiones de la estrategia de capacidad: el cálculo del tamaño de los “colchones” de capacidad, la determinación del momento oportuno y la magnitud de la expansión, y la vinculación de la capacidad con otras decisiones de operación.

Cálculo del tamaño de los “colchones” de capacidad. Las tasas de utilización promedio no deberían acercarse demasiado al 100%. Cuando lo hacen, dan la señal de que es necesario incrementar la capacidad o disminuir la aceptación de pedidos a fin de evitar un descenso de la productividad. El “colchón” de capacidad es la capacidad que una empresa mantiene como reserva para afrontar los incrementos repentinos de la demanda o las pérdidas temporales de su capacidad de producción. Es una medida de la cantidad por la cual la utilización promedio (en términos de capacidad efectiva) es inferior al 100%. Específicamente,

$$\text{“Colchón” de capacidad} = 100\% - \text{porcentaje de utilización (\%)}$$

Momento oportuno y magnitud de la expansión. La segunda cuestión de la estrategia en materia de capacidad es cuándo expandir ésta y en qué medida. La figura 14.4 ilustra dos estrategias extremas: la estrategia expansionista (de la empresa A), que implica saltos grandes e infrecuentes de la capacidad y la estrategia de esperar y ver (de la empresa B), que implica saltos más pequeños y frecuentes.



**Figura 14.4**

Dos estrategias de capacidad.

El momento oportuno y la magnitud de la expansión están relacionados entre sí; es decir, que si la demanda crece y el tiempo entre dos incrementos aumenta, la magnitud de los incrementos también debe incrementarse. La estrategia expansionista, que se mantiene delante de la demanda, minimiza la posibilidad de perder ventas por capacidad insuficiente. La estrategia de esperar y ver se retrasa con respecto a la demanda y depende de opciones a corto plazo como horas extra, trabajadores temporales, subcontrataciones, órdenes sin existencia y aplazamiento del mantenimiento preventivo, para compensar cualquier déficit.



Las decisiones de ampliación de demanda en una compañía de telefonía celular están muy influenciadas por las actividades que frente a las incertidumbres del mercado existan en la propia empresa respecto a la cobertura de la señal en las distintas zonas geográficas. Frente al mismo problema no hay una sola respuesta, aunque unas implican mucho más riesgo que las otras. En la imagen, una antena de la compañía Movistar.

Vinculación de la capacidad con otras decisiones. Las decisiones sobre capacidad deben estar estrechamente vinculadas con las estrategias y operaciones de toda la organización. Cuando se toman decisiones acerca de localización, flexibilidad de recursos e inventario, los gerentes deben considerar su impacto sobre los “colchones” de capacidad. Estos últimos protegen a la organización contra la incertidumbre, la flexibilidad de recursos, el inventario y los tiempos de entrega al cliente más prolongados. Si un sistema está bien balanceado y se hace un cambio en otra área de decisión, es posible que el “colchón” de capacidad tenga que modificarse para compensar lo anterior. Los siguientes son algunos ejemplos de los vínculos de la capacidad:

- **Prioridades competitivas.** Un cambio en las prioridades competitivas en el que se ponga mayor interés en la rapidez de las entregas, requiere un “colchón” de capacidad más grande para dar cabida a la respuesta rápida y a las irregularidades de la demanda, cuando tener un inventario de bienes terminados es impracticable o antieconómico.
- **Administración de la calidad.** Si con una empresa se alcanzan niveles de calidad más altos, se podrá tener un “colchón” de capacidad más pequeño porque habrá menos incertidumbre a causa de pérdidas de rendimiento.
- **Intensidad de capital.** Una inversión en tecnologías nuevas y costosas hace que el proceso sea más intensivo en términos de capital e incrementa la presión a favor de un “colchón” de capacidad más pequeño, a fin de obtener un rendimiento aceptable sobre la inversión.
- **Flexibilidad de recursos.** Un cambio hacia una menor flexibilidad para el trabajador requiere un mayor “colchón” de capacidad para compensar las sobrecargas de operación pues éstas tienen más probabilidades de ocurrir con una fuerza de trabajo menos flexible.
- **Inventario.** Un cambio para depender menos del inventario con el propósito de dar uniformidad a la tasa de salida de productos, requiere un mayor “colchón” de capacidad para poder afrontar la demanda acrecentada durante los períodos pico.
- **Programación.** Un cambio que provea un ambiente más estable permite tener un “colchón” menor porque así es posible programar con mayor seguridad los productos o servicios.

Otro vínculo crucial es el que existe entre la capacidad y las decisiones sobre localización. Una empresa que se está expandiendo deberá agregar, en algún momento, nuevas instalaciones y encontrar la localización ideal para ellas, en tanto que una empresa con múltiples locales que se está reduciendo debe decidir, a menudo, cuáles de éstos va a eliminar.

MÉTODO SISTEMÁTICO PARA LAS DECISIONES SOBRE CAPACIDAD

Aún cuando cada situación es algo diferente, este procedimiento de cuatro pasos generalmente ayuda a los gerentes a tomar buenas decisiones sobre capacidad. Para describir el procedimiento, supondremos que la administración ya dio el paso preliminar, que consiste en determinar la capacidad existente.

1. Estimar los requisitos de capacidad.
2. Identificar las brechas, comparando los requisitos de capacidad con la capacidad disponible.
3. Desarrollar planes alternativos para cubrir esas brechas.
4. Evaluar cada alternativa, tanto cualitativa como cuantitativamente, y hacer una elección final.

Paso 1: estimar los requisitos futuros de capacidad

Las bases para estimar las necesidades de capacidad a largo plazo consisten en pronósticos de demanda, productividad, competencia y cambios tecnológicos, cuya proyección se extiende bastante en el futuro. Desafortunadamente, cuanto más lejos se mira, tanto mayor es la probabilidad de hacer un pronóstico incorrecto.



El pronóstico de demanda tiene que convertirse en un número que pueda compararse directamente con la medida de capacidad que se esté utilizando. Supongamos que la capacidad se expresa como el número de máquinas disponibles en una operación. Cuando sólo un producto (o servicio) se está procesando, el número de máquinas requeridas, M , es:

$$\text{Número de máquinas requeridas} = \frac{\text{Horas de procesamiento requeridas para la demanda del año}}{\text{Horas disponibles de una máquina por año después de deducir el "colchón deseado"}} = M = \frac{D_p}{N [1 - C/100]}$$

donde: D = pronóstico del número de unidades (clientes) por año
 p = tiempo de procesamiento (en total de unidades por cliente)
 N = número total de horas por año, durante el cual funciona el proceso
 C = "colchón" de capacidad deseado

El tiempo de procesamiento, p , en el numerador, depende del proceso y los métodos elegidos para hacer el trabajo. El denominador es el número total de horas, N , disponibles para el año, multiplicado por la proporción que representa el "colchón" de capacidad deseado, C . La proporción es simplemente $1.0 - C$, donde C se ha dividido entre 100 para convertirlo en un porcentaje.

Si múltiples productos o servicios intervienen en el proceso, se necesitará tiempo adicional para los cambios de un producto o servicio al siguiente. El **tiempo de preparación** es el lapso que se requiere para cambiar una máquina, a fin de que empiece a elaborar otro producto o servicio. El tiempo de preparación es el resultado de las decisiones del proceso, lo mismo que el tiempo de procesamiento. El tiempo de preparación total se calcula dividiendo el pronóstico del número de unidades por año, D , entre el número de unidades elaboradas en cada lote, con lo cual se obtiene el número de operaciones de preparación por año, y multiplicándolo después por el tiempo que requiere cada preparación. Por ejemplo, si la demanda anual es de 1200 unidades y el tamaño promedio del lote es 100, habrá $1200/100 = 12$ operaciones de preparación por año.

Tomando en cuenta tanto el tiempo de procesamiento como el tiempo de preparación, cuando se trata de múltiples productos (o servicios), se obtiene:

$$\text{Número de máquinas requeridas} = \frac{\text{Horas de procesamiento y preparación requeridas para la demanda del año, sumando todos los productos}}{\text{Horas disponibles de una máquina por año después de deducir el "colchón deseado"}}$$

$$M = \frac{[D_p (D/Q)s]_{\text{producto 1}} + [D_p (D/Q)s]_{\text{producto 2}} + \dots + [D_p (D/Q)s]_{\text{producto n}}}{N [1 - C/100]}$$

donde: Q = número de unidades de cada lote
 s = tiempo de preparación (en horas) por lote

Siempre se debe redondear la parte fraccional al entero mayor siguiente, a menos de que sea eficiente, en términos de costos, el uso de opciones a corto plazo, como las horas extra o los déficit para cubrir cualquier faltante.

Ejemplo de estimación de los requisitos. Un centro de copiado, establecido en un edificio de oficinas, elabora informes encuadernados para dos clientes. El centro produce múltiples copias (el tamaño del lote) de cada informe. El tiempo de procesamiento para obtener, ordenar y encuadernar cada copia depende del número de páginas, entre otros factores. El centro trabaja 250 días al año, con un turno de ocho horas. La gerencia considera que un "colchón" de capacidad de 15% (mayor que el margen de tolerancia incorporado a los tiempos estándar) resulta mejor. Tomando como base la siguiente tabla de información, determine cuántas máquinas se requieren en este centro de copiado.

<i>Concepto</i>	<i>Cliente X</i>	<i>Cliente Y</i>
Pronóstico de demanda anual (copias)	2000	6000
Tiempo estándar de procesamiento (copias/hora)	0,5	0,7
Tamaño promedio del lote (copias por informe)	20	30
Tiempo estándar de preparación (horas)	0,25	0,40

Solución:

$$M = \frac{[D_p (D/Q)]_{\text{producto 1}} + [D_p (D/Q)]_{\text{producto 2}} + \dots + [D_p (D/Q)]_{\text{producto n}}}{N [1 - C/100]}$$

$$M = \frac{[2000(0,5) + (2000/20)(0,25)]_{\text{cliente X}} + [6000(0,7) + (6000/30)(0,40)]_{\text{cliente Y}}}{[(250 \text{ días/año}) (1 \text{ turno/día}) (8 \text{ horas/turno})] (1,0 - 15/100)} = \frac{5.305}{1.700} = 3,12$$

Redondeando el resultado al siguiente entero mayor, encontramos que se requieren cuatro máquinas.

Paso 2: identificar las brechas de capacidad

Una brecha de capacidad es cualquier diferencia (positiva o negativa) entre la demanda proyectada y la capacidad actual. Para identificar brechas es necesario emplear la medida de capacidad apropiada. Las complicaciones comienzan cuando intervienen múltiples operaciones y varios insumos de recursos. Por ejemplo, a principios de los años 70, ejecutivos de aerolíneas concluyeron erróneamente que si poseían una porción mayor del número total de asientos de avión, también tendrían una participación mayor en el número total de pasajeros. En otras palabras, querían volar con más asientos para tener más pasajeros. La respuesta de muchas aerolíneas fue comprar más aviones Boeing Jumbo 747, pero algunos competidores que volaban con aviones más pequeños tuvieron mayor éxito. La medida adecuada de la capacidad era el número de salidas y no el número de asientos. Así pues, muchas aerolíneas tuvieron que ajustar su desequilibrio de capacidad entre aviones pequeños y grandes, comprando aeronaves más pequeñas y dejando de usar algunos Jumbo.

Expandir la capacidad en algunas operaciones puede incrementar la capacidad general. Sin embargo, si una operación es un cuello de botella, la capacidad sólo podrá expandirse si la capacidad de esa operación cuello de botella es expandida.

Ejemplo de identificación de brechas de capacidad. Los negocios del restaurante Al Paso están en auge. La propietaria espera servir un total de 80.000 comidas en el curso de este año. Aun cuando la cocina funciona al 100% de su capacidad, el comedor es capaz de servir un total de 105.000 comidas al año. La demanda pronosticada para los cinco años próximos es la siguiente:

1° año:	90.000	comidas
2° año:	100.000	comidas
3° año:	110.000	comidas
4° año:	120.000	comidas
5° año:	130.000	comidas

¿Cuáles son las brechas de capacidad en la cocina y en el comedor de Al Paso hasta el final del quinto año?



Solución:

La cocina es actualmente el cuello de botella, con una capacidad de 80.000 comidas al año. Tomando como base el pronóstico de demanda, la brecha de capacidad para la cocina es:

1° año:	$90.000 - 80.000 = 10.000$
2° año:	$100.000 - 80.000 = 20.000$
3° año:	$110.000 - 80.000 = 30.000$
4° año:	$120.000 - 80.000 = 40.000$
5° año:	$130.000 - 80.000 = 50.000$

Antes del tercer año, la capacidad del comedor (105.000) es mayor que la demanda. En el tercer año y después, existen brechas de capacidad para el comedor:

3° año:	$110.000 - 105.000 = 5.000$
4° año:	$120.000 - 105.000 = 15.000$
5° año:	$130.000 - 105.000 = 25.000$

Paso 3: desarrollar alternativas

El paso siguiente es el desarrollo de planes alternativos para contender con las brechas proyectadas. Una alternativa, que se conoce como *caso base*, consiste en no hacer nada y simplemente perder los pedidos correspondientes a cualquier demanda que exceda la capacidad actual. Otras alternativas son diversas opciones para programar el tiempo y el tamaño, con miras a adquirir nueva capacidad, como la estrategia expansionista y la de esperar y ver, mencionadas anteriormente. Otras posibilidades adicionales son: expandirse a un lugar diferente o recurrir a opciones a corto plazo, como el uso de horas extra, trabajadores temporales o subcontratación.

Paso 4: evaluar las alternativas

En este caso, el gerente evalúa cada alternativa, tanto cuantitativa como cualitativamente.

Intereses cualitativos. En términos cualitativos, el gerente tiene que observar cómo encaja cada alternativa en la estrategia general de capacidad y otros aspectos de los negocios que no están incluidos en el análisis financiero. La incertidumbre en torno a la demanda deberá ser motivo de interés particular, así como la reacción de la competencia, el cambio tecnológico y la estimación de costos. Algunos de esos factores no pueden cuantificarse y es necesario evaluarlos a base de buen juicio y experiencia. Otros sí son cuantificables y el gerente puede analizar cada alternativa usando diferentes suposiciones acerca del futuro. Un conjunto de suposiciones podría representar el peor caso posible, es decir, cuando la demanda es escasa, la competencia se intensifica y los costos de construcción son más altos de lo esperado. Otro conjunto de suposiciones podría corresponder a la visión más optimista del futuro. Con este análisis del tipo “qué pasaría si”, el gerente logra formarse una idea de las consecuencias de cada alternativa antes de tomar una decisión final.

Intereses cuantitativos. Cuantitativamente, el gerente estima el cambio que produciría en los flujos de efectivo cada una de las alternativas que figuran en el horizonte de tiempo contemplado en el pronóstico y lo compara con el caso base. Se llama **flujo de efectivo** a la diferencia entre los flujos de fondos que entran y los que salen de una organización, en un periodo de tiempo, incluyendo ingresos, costos y modificaciones en los activos y pasivos. En este caso, al gerente sólo le interesa calcular los flujos de efectivo que sean atribuibles al proyecto.

Ejemplo de las alternativas. Una alternativa posible para el restaurante Al Paso sería ampliar ahora la cocina y el comedor, expandiendo la capacidad de ambos a 130.000 comidas al año. La inversión inicial ascendería a \$200.000 y tendría que hacerse al final de este año (el año 0). El precio promedio de cada comida es \$10 y el margen de ganancias antes de impuestos es de 20%. La cifra de 20% se obtuvo al determinar que, por los \$10 cobrados por cada comida, \$2 se destinan a costos fijos (distintos de amortizaciones) y \$6 cubren los costos variables. Los \$2 restantes son la ganancia antes de impuestos.

¿Cómo son los flujos de efectivo de este proyecto (antes de impuestos) previstos para los próximos cinco años, comparados con los del caso base de no hacer nada?

Solución: Recuerde que el caso base (es decir, no hacer nada) se traduce en la pérdida de todas las ventas potenciales a partir de las primeras 80.000 comidas. Con la nueva capacidad, el flujo de efectivo sería igual a las comidas extra que la empresa podría servir con una capacidad de 130.000 comidas, multiplicadas por una ganancia de \$2 por comida. En el año 0, el único flujo de efectivo son los -\$200.000 correspondientes a la inversión inicial. En el año 1, la demanda de 90.000 comidas será totalmente satisfecha por la capacidad extendida, de modo que el flujo de efectivo incremental es $(90.000 - 80.000)(2) = \$20.000$. Las cifras correspondientes a los siguientes años aparecen a continuación:

2° año:	Demanda = 100.000 ; Flujo de efectivo = $(100.000 - 80.000) 2 =$	\$40.000
3° año:	Demanda = 110.000 ; Flujo de efectivo = $(110.000 - 80.000) 2 =$	\$60.000
4° año:	Demanda = 120.000 ; Flujo de efectivo = $(120.000 - 80.000) 2 =$	\$80.000
5° año:	Demanda = 130.000 ; Flujo de efectivo = $(130.000 - 80.000) 2 =$	\$100.000

En virtud de que la propietaria está evaluando una alternativa que le proporcionaría la capacidad suficiente para satisfacer toda la demanda hasta el quinto año, la cantidad de comidas adicionales servidas es idéntica a las brechas de capacidad ilustradas en el ejercicio de ejemplo del paso 2. Esto no sería válido si la nueva capacidad fuera más pequeña que la demanda esperada en cualquiera de esos años. Para calcular el número de comidas adicionales en ese caso, partiríamos de la capacidad correspondiente al caso base y la restaríamos de la nueva capacidad (no de la demanda). El resultado sería más pequeño que la brecha de capacidad.

Antes de terminar la evaluación de esta alternativa de capacidad, la propietaria deberá tomar en cuenta el valor del dinero en el tiempo por medio de diversas técnicas, como el método del valor presente o el de la tasa interna de retorno. La dueña también debe examinar los intereses cualitativos. Por ejemplo, el ambiente acogedor que ha caracterizado al restaurante podría perderse con la ampliación. Además, podría considerar muchas otras alternativas.

DISTRIBUCIÓN FÍSICA

La planificación de la distribución incluye decisiones acerca de la disposición física de los centros de actividad económica dentro de una instalación. Un **centro de actividad económica** es cualquier entidad que ocupe espacio: una persona o grupo de personas, la ventanilla de un cajero, una máquina, un banco de trabajo o una estación de trabajo, un departamento, una escalera o un corredor, una estantería para repuestos, una cafetería o un salón de almacenamiento. La meta de la planificación de la distribución consiste en permitir que los empleados y el equipo trabajen con mayor eficiencia.

Antes de que un gerente pueda tomar decisiones sobre la disposición física, tiene que responder cuatro preguntas: ¿qué centros deberán incluirse en la distribución?; ¿cuánto espacio y capacidad necesita cada centro?; ¿cómo se debe configurar el espacio de cada centro? y ¿dónde debe localizarse cada centro?

La distribución física tiene muchas consecuencias prácticas y estratégicas. Introducir modificaciones en la distribución puede afectar a la organización y el grado de eficacia con el que satisface sus prioridades competitivas, al:

- facilitar el flujo de materiales e información,
- acrecentar la eficiencia en la utilización de la mano de obra y el equipo,
- brindar mayor comodidad al cliente e incrementar las ventas en las tiendas que venden al por menor,
- reducir los peligros para los trabajadores,
- mejorar el ánimo de los empleados, y
- mejorar la comunicación.



El tipo de operación que se realice determinará los requisitos de distribución de espacio. Por ejemplo, en los almacenes, las consideraciones dominantes son los flujos de materiales y los costos de manipulación del material de inventario. En los comercios minoristas, la comodidad del cliente y las ventas suelen ser dominantes, en tanto que, en una oficina, la eficacia en la comunicación y la formación de equipos tienen una importancia crucial.

Los gerentes disponen de varias opciones fundamentales en materia de distribución de espacio como si deberán hacer sus plantas para las necesidades actuales o para las futuras (menos previsibles), si deberán seleccionar un diseño de un solo piso o de varios, si será conveniente abrir el proceso de planificación a las sugerencias de los empleados, así como qué tipo de distribución tendrán que seleccionar y en qué criterios de rendimiento será oportuno hacer énfasis.



Las sucursales del Banco HSBC tienen una nueva distribución. Antes de la renovación había no menos de 7 ventanillas de cajeros en un extremo del hall principal del edificio y un par de escritorios de servicios generales en el otro extremo, por lo cual los clientes se trasladaban de un lugar a otro. Por ejemplo, si un cliente iba al escritorio a pedir información sobre una cuenta corriente, lo enviaban a la ventanilla de un cajero. Si deseaba pedir una chequera, el cajero lo remitía a algún escritorio de servicio.

Ahora, los clientes que entran en la instalación renovada encuentran al frente un escritorio de servicio donde un “conserje” responde las preguntas más frecuentes y, cuando necesitan más ayuda, los envía con un ejecutivo de cuentas.

El elegante recinto futurista está muy bien iluminado y el número original de cajeros automáticos que manejan las transacciones más sencillas se ha aumentado. Los ejecutivos de cuenta se sientan en sus escritorios, libres de papeles y hasta de fotos personales, para que el cliente sienta que ese espacio le pertenece. Sus terminales de computadora giran para que los clientes puedan mirar las pantallas.

El número de ventanillas de cajeros se ha reducido a la mitad en cada sucursal. También hay ahora una habitación posterior adonde los cajeros pueden ir por turnos.

La nueva distribución de espacios está más orientada al cliente y ha multiplicado el número de transacciones y las ganancias.

La selección del tipo de distribución depende en gran parte de la estrategia de flujo que elija la empresa. Existen cuatro tipos básicos de distribución: por procesos, por productos, híbrida y de posición fija.

Distribución por procesos

Con una estrategia de flujo flexible, que es la mejor para la producción en bajo volumen y alta variedad, el gerente de operaciones debe organizar los recursos (empleados y equipo) en torno al proceso. Con una distribución por procesos que agrupa las estaciones o departamentos de trabajo según su función, se alcanza este propósito.

Por ejemplo, en el taller metalmecánico de la figura 14.5(a), todos los taladros están localizados en un área del taller de máquinas y todas las fresadoras están ubicadas en otra. La distribución por procesos es más común cuando en la misma operación se deben producir muchos productos distintos en forma intermitente o es preciso atender a muchos clientes diferentes. Los niveles de demanda son demasiado bajos o imprevisibles, por lo cual la gerencia no puede asignar los recursos humanos y de capital exclusivamente a una línea de productos o a un tipo de cliente en particular. Las ventajas de la distribución por procesos sobre la distribución por productos ilustrada en la figura 14.5(b) -donde los centros están dispuestos en una trayectoria lineal-, son las siguientes:

1. Los recursos son de propósito relativamente general y menos intensivos en capital.
2. La distribución por procesos es menos vulnerable a los cambios en la mezcla de productos o a las nuevas estrategias de marketing y, por lo tanto, es más flexible.
3. La utilización del equipo es más alta. Cuando los volúmenes son bajos, dedicar recursos en forma exclusiva a cada producto o servicio (como se hace en la distribución por productos) requeriría más equipo que si los requisitos se usan conjuntamente para todos los productos.
4. La supervisión del empleado puede ser más especializada, lo cual es importante cuando el contenido del trabajo requiere una buena dosis de conocimientos técnicos.

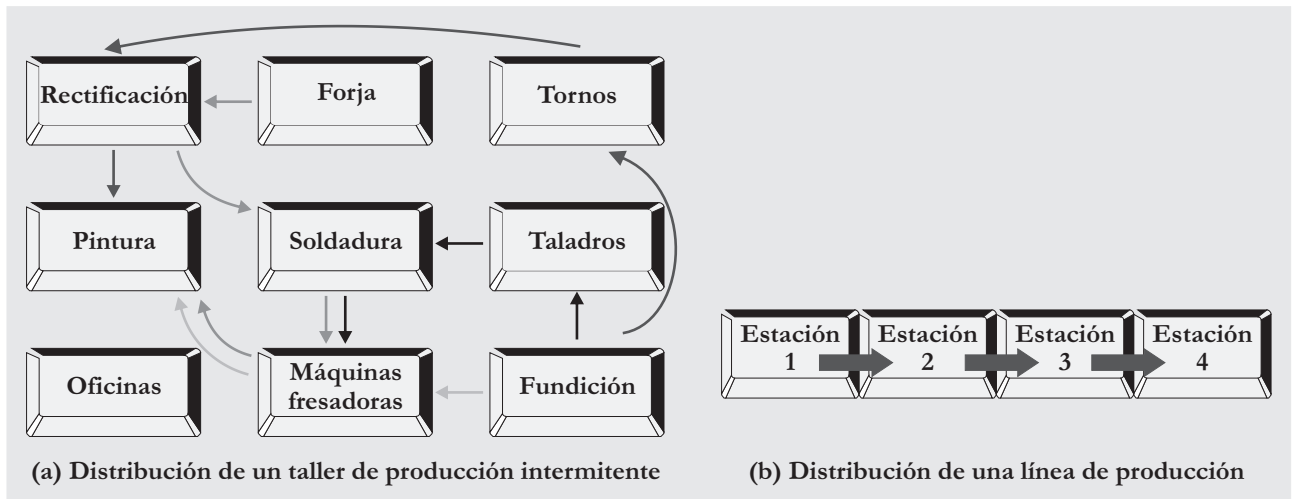


Figura 14.5

Dos tipos de distribución.

La estrategia de flujo flexible, acompañada de la distribución por procesos, también tiene desventajas.

1. Las tasas de procesamiento tienden a ser más lentas.
2. Se pierde tiempo productivo al cambiar de un producto o servicio a otro.
3. Más espacio y capital quedan atados en inventario, lo cual ayuda a que las estaciones de trabajo funcionen en forma independiente, aun cuando sus tasas de producción sean variables.
4. Los tiempos de retraso entre el inicio y el final de cada trabajo son relativamente largos.
5. El manejo de materiales tiende a ser costoso.
6. La diversidad en las rutas y los flujos entrecruzados requieren la utilización de dispositivos de trayectoria variable, como carretillas, en lugar de correas transportadoras.
7. La planificación y el control de la producción resultan más difíciles.

Un desafío importante, cuando se diseña una distribución por procesos, consiste en localizar los centros de tal manera que impongan cierto orden en el aparente caos de una operación de flujo flexible.

Distribución por productos

Con una estrategia de flujo de línea, que es la mejor para la producción repetitiva o continua, el gerente de operaciones dedica los recursos a productos o tareas individuales. Esta estrategia se logra mediante una distribución por productos, como la que muestra la figura 14.5(b), en la cual las estaciones o departamentos de trabajo están dispuestos en una trayectoria lineal. Igual que en un servicio de lavado automático de automóviles, el producto o el consumidor se desplaza en un flujo uniforme y continuo. Los recursos están dispuestos en torno de la ruta que sigue el producto, en lugar de ser utilizados en forma compartida por muchos productos. Las distribuciones por productos son muy comunes en las operaciones de una línea recta, esta trayectoria no es siempre la mejor, por lo cual las distribuciones pueden adoptar formas de L, O, S o U.



Con frecuencia, a la distribución por productos se la conoce como **línea de producción o línea de ensamble**. La diferencia entre ambas es que una línea de ensamble se usa únicamente para procesos de ensamblado, en tanto que una línea de producción puede usarse para otros procesos, como los de

Las distribuciones por productos dependen a menudo de recursos especializados, intensivos en capital. Cuando los volúmenes son altos, las ventajas de las distribuciones por productos sobre las distribuciones por procesos son:

1. Tasas de procesamiento más rápidas.
2. Inventarios más reducidos.
3. Menos tiempo improductivo a causa de los cambios de producto y el manejo de materiales.

Además, se reduce la necesidad de desconectar una operación de la siguiente, lo cual permite que la gerencia disminuya sus inventarios. Las desventajas de las distribuciones por productos son:

1. Mayor riesgo de tener que rediseñar la distribución para productos o servicios con vida útil corta o incierta.
2. Menor flexibilidad.
3. Baja utilización de recursos cuando se trata de productos o servicios en bajo volumen.

En el caso de las distribuciones por productos, resulta fácil decidir dónde deben localizarse los centros, porque las operaciones tienen que llevarse a cabo en el orden determinado. Con esta distribución se sigue simplemente la ruta del producto y se asegura que todos los pares de centros que interactúan estén lo más cerca posible entre sí o que tengan una frontera común. El desafío de la distribución por productos consiste en agrupar las actividades en estaciones de trabajo y alcanzar la tasa de producción deseada con la menor cantidad posible de recursos. La composición y el número de estaciones de trabajo son decisiones cruciales.

Distribución híbrida

Lo más frecuente es que en una estrategia de flujo se combinen elementos de un enfoque por productos y un enfoque por procesos. Esta estrategia de flujo intermedio requiere una distribución híbrida, en la cual algunas partes de la instalación están dispuestas en una distribución por procesos y otras en una distribución por productos. Las distribuciones híbridas se usan en instalaciones que realizan operaciones de fabricación y también de ensamblado, como sucede cuando los dos tipos de distribución ilustrados en la figura 14.5 se encuentran en el mismo edificio. Las operaciones de fabricación, en las cuales se elaboran componentes a partir de materias primas, tienen un flujo flexible, en tanto que las operaciones de ensamble, en las cuales los componentes son ensamblados para obtener productos terminados, tienen un flujo en línea. Los gerentes de operaciones también crean distribuciones híbridas cuando introducen celdas y automatización flexible, como un sistema de manufactura flexible (FMS). Una celda es un conjunto de dos o más estaciones de trabajo no similares, localizadas una junto a otra, a través de las cuales se procesa un número limitado de partes o modelos con flujos de línea. Un FMS es un grupo de estaciones de trabajo controladas por computadora, en las cuales se manejan los materiales y se cargan las máquinas automáticamente. Estas tecnologías ayudan a conseguir la repetibilidad, sin importar que los volúmenes de productos sean demasiado bajos para justificar que una línea entera esté dedicada exclusivamente a cada uno, porque reúne en un centro todos los recursos necesarios para elaborar toda una familia de partes. En el resto de la instalación se aprecia una distribución por procesos.

Los supermercados son un ejemplo de la distribución híbrida en un ambiente no manufacturero. El gerente puede agrupar las mercancías similares, facilitando así que los clientes encuentren los artículos que buscan (una distribución por procesos). Al mismo tiempo, la distribución conduce a menudo a los clientes por trayectorias previamente determinadas, por ejemplo, haciéndolos recorrer una serie prevista de corredores (en una distribución por productos). El propósito es maximizar la exposición del cliente a toda la mercancía del comercio, lo cual estimula las ventas.

Distribución de posición fija

El cuarto tipo básico de distribución es la distribución de posición fija. En esta disposición física, el producto está fijo en su lugar, por lo cual los trabajadores, junto con sus herramientas y su equipo, acuden hasta donde está el producto para trabajar en él. Este tipo de distribución tiene sentido cuando el producto es particularmente grande o difícil de movilizar, como sucede en las operaciones de construcción de barcos, ensamble de locomotoras, fabricación de enormes recipientes de alta presión o edificación de represas. Una distribución de posición fija minimiza el número de ocasiones en que es necesario movilizar el producto y frecuentemente constituye la única solución factible.

DISEÑO DE DISTRIBUCIONES POR PROCESOS

El método para el diseño de una distribución física depende de si se eligió una distribución por procesos o por productos. En el formato de posición fija se elimina fundamentalmente el problema de la distribución física, en tanto que en el diseño de una distribución híbrida se aplican algunos de los principios de la distribución por procesos y algunos otros de la distribución por productos.

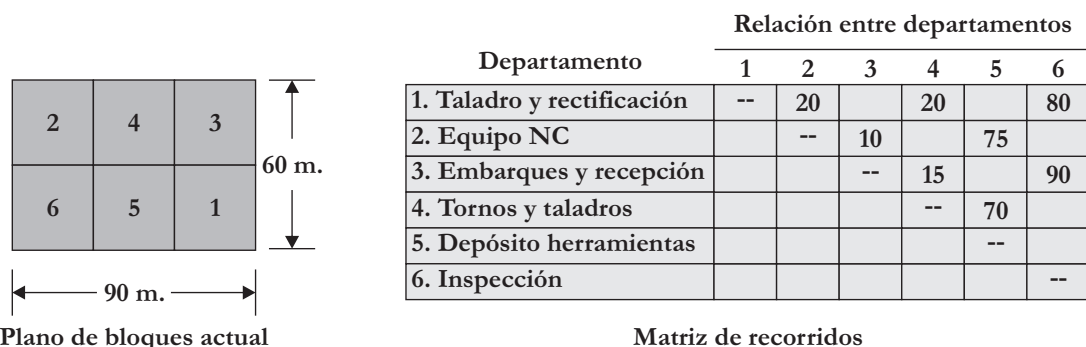
La distribución por procesos comprende tres pasos básicos, ya sea que el diseño corresponda a una distribución nueva, o la revisión de una ya existente: (1) reunir información; (2) desarrollar un plano de bloques y (3) diseñar una distribución física detallada.

Paso 1: reunir información: La persona que diseña la distribución física tiene que vincular los requisitos de espacio con los planes de capacidad, calcular las necesidades específicas de equipo y espacio para cada centro y dejar suficiente espacio de circulación en forma de corredores y accesos similares.

En un **plano de bloques** se asigna el espacio y se indica la colocación de cada departamento. Para describir la distribución de una nueva instalación, el plano debe mostrar solamente las dimensiones y las asignaciones de espacio dentro de la instalación. Cuando se intenta modificar la distribución de una instalación ya existente, se requiere también un plano de bloques actual.

El diseñador también debe saber qué centros tienen que estar localizados cerca unos de otro. La localización se basa en el número de desplazamientos entre los centros y en factores cualitativos. Para ello, se realiza una **matriz de recorridos** que indica el número de recorridos (o alguna otra medida de movimiento de materiales) que se realizan entre cada pareja de departamentos en el curso de un día. El diseñador estima el número de recorridos entre los centros, usando las rutas y la frecuencia con la que ciertos artículos aparecen en los pedidos que se hacen en la planta, ya sea realizando muestreos estadísticos o mediante encuestas entre supervisores y encargados del manejo de materiales.

Una **gráfica REL** (abreviatura de relaciones) es una herramienta donde se reflejan los juicios cualitativos de gerentes y empleados, y que puede utilizarse en lugar de una matriz de recorridos. Una ventaja de la gráfica REL es que el gerente tiene la posibilidad de tomar en cuenta múltiples criterios de rendimiento al seleccionar clasificaciones de proximidad, en tanto que una matriz de recorridos está enfocada solamente en los costos por concepto de manejo de materiales o manipulación de inventarios. Por ejemplo, la proximidad deseada entre los departamentos 1 y 2 tiene una clasificación E, en términos de dos consideraciones: facilidad de supervisión y manejo de materiales.



Departamento	Clasificación de proximidad entre departamentos					
	1	2	3	4	5	6
1. Taladro y rectificación	--	E (3,1)	S	I (2,1)	S	A (1)
2. Equipo NC		--	O (1)	S	E (1)	I (6)
3. Embarques y recepción			--	O (1)	S	A (1)
4. Tornos y taladros				--	E (1)	N (5)
5. Depósito herramientas					--	S
6. Inspección						--

Gráfica REL

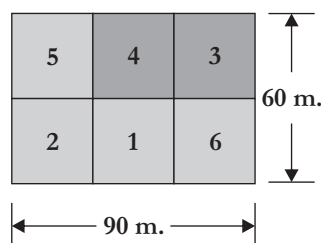
Clasificación de proximidad	
Clasificación	Definición
A	Absolutamente necesario
E	Especialmente importante
I	Importante
O	Proximidad ordinaria
S	Sin importancia
N	No deseable
Claves explicativas	
Clave	Significado
1	Manejo de materiales
2	Personal compartido
3	Facilidad de supervisión
4	Utilización del espacio
5	Ruido
6	Actitudes del empleado

Paso 2: desarrollar un plano de bloques: El segundo paso en el diseño de la distribución física consiste en desarrollar el plano de bloques que satisfaga mejor los criterios de rendimiento y los requisitos del área. La forma más elemental de hacer esto es mediante el método de tanteos (ensayos y error). Como el éxito depende de la habilidad del diseñador para detectar los patrones contenidos en los datos, este enfoque no garantiza la selección de la mejor solución, o siquiera de una que se le aproxime. Sin embargo, si se contempla con el uso de una computadora para evaluar las soluciones, este enfoque se compara a menudo muy favorablemente con otras técnicas computarizadas más sofisticadas.

Solución. Un buen punto de partida son las clasificaciones de proximidad de mayor valor numérico en la matriz de recorridos (digamos, de 70 o más). Comenzando con el mayor número de recorridos y avanzando en la lista hacia abajo, se podrá planear la localización de los departamentos en la siguiente forma:

- 1) Departamentos 3 y 6 cercanos entre sí
- 2) Departamentos 2 y 5 cercanos entre sí
- 3) Departamentos 1 y 6 cercanos entre sí
- 4) Departamentos 4 y 5 cercanos entre sí
- 5) Los departamentos 3 y 4 deberán quedarse en sus localizaciones actuales, en virtud de las otras consideraciones.

Si al cabo de varios intentos no se logra satisfacer los cinco requisitos con facilidad, agregar otros como por ejemplo los correspondientes a las interacciones clasificadas por debajo de 70.



El plano de bloques que se presenta arriba muestra una solución por tanteos (ensayos y error) que satisface los cinco requisitos. Comenzaremos manteniendo los departamentos 3 y 4 en sus localizaciones originales. Puesto que el primer requisito es que los departamentos 3 y 6 estén cerca uno del otro, localizaremos el 6 en la esquina sudeste de la distribución. El segundo requisito es que los departamentos 1 y 6 estén juntos, para lo cual colocamos el 1 en el espacio que está inmediatamente a la izquierda del 6, y así sucesivamente.

Cuando las localizaciones relativas (posición que ocupa un centro en relación con otros) constituyen una preocupación primordial, como se requiere para que el manejo de materiales, la manipulación de inventarios y la comunicación resulten eficaces, pueden usarse el método de carga-descarga para comparar distintos planos de bloques. El puntaje total carga-descarga, o ld , lo calculamos multiplicando cada carga por la distancia recorrida y sumando después los resultados de todas las cargas. En este caso, las cargas son tan sólo los números de la matriz de recorridos. Cada carga transita entre dos centros (cada uno de los cuales está representado por una fila y una columna de la matriz). La distancia (real, euclidiana o rectilínea) entre ellas se calcula a partir del plano de bloques sometido a evaluación. Por supuesto, no es necesario que las cargas sean recorridos; cualquier medición numérica de la proximidad relacionada con la distancia servirá para este propósito.



Los talleres metalmecánicos como el de la fotografía -Procemaq SRL, en la ciudad de Balcarce-, presentan una típica estructura organizativa basada en un criterio de carácter funcional, en el que las máquinas se agrupan siempre por tecnologías y los operarios realizan tareas simples, cada uno con su máquina, en componentes que van pasando en forma progresiva por un puesto de trabajo.

Paso 3: diseñar una distribución física detallada. Una vez que se encuentra un plano de bloques satisfactorio, el diseñador de la distribución debe traducirlo en una representación detallada que muestre la forma y el tamaño exacto de cada centro, la disposición de los elementos (por ejemplo; escritorios, máquinas y áreas de almacenamiento) y la localización de corredores, escaleras y otros espacios de servicio. Estas representaciones visuales pueden consistir en dibujos bidimensionales, modelos tridimensionales o gráficas realizadas con ayuda de una computadora. Este paso ayuda a quienes toman las decisiones a discutir la propuesta y los problemas que, en otras condiciones, podrían pasar inadvertidos. La descripción de un centro de procesamiento como el de la figura 14.6 es un buen ejemplo de una distribución física detallada.

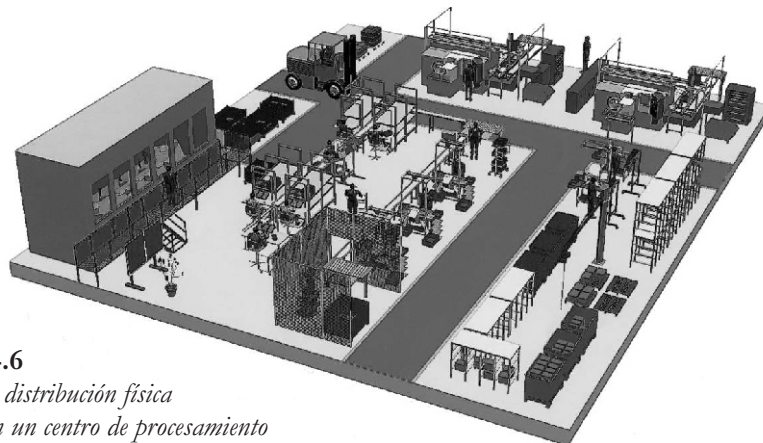


Figura 14.6

*Ejemplo de distribución física
detallada en un centro de procesamiento*



DISEÑO DE DISTRIBUCIÓN POR PRODUCTOS

Las distribuciones por productos plantean cuestiones administrativas totalmente diferentes a las que corresponden a las distribuciones por procesos. Conocida a menudo como línea de producción o de ensamble, la distribución por productos consiste en formar una secuencia de estaciones de trabajo. El producto avanza de una estación a la siguiente hasta que sale totalmente terminado al final de la línea. En el caso típico, un trabajador opera cada estación y realiza tareas repetitivas. Se acumula poco inventario entre una estación y la siguiente, por lo cual las estaciones no pueden operar en forma independiente. Así pues, la línea es tan rápida como la más lenta de sus estaciones de trabajo. En otras palabras, si la estación más lenta requiere 45 segundos por unidad, la salida más rápida posible de la línea será de un producto cada 45 segundos.

Balance de línea

El balance de línea es la asignación del trabajo a estaciones integradas a una línea, de modo que se alcance la tasa de producción deseada con el menor número posible de estaciones de trabajo. Normalmente, se asigna un trabajador a cada estación. En estas condiciones, la línea que alcanza el ritmo deseado de producción con el menor número de trabajadores es considerada como la más eficiente. El balance de línea debe realizarse durante la preparación inicial de la misma, cuando una línea se rebalancea para modificar su tasa de producción por hora, o cuando se introducen cambios en el producto o el proceso. El objetivo es tener estaciones de trabajo con cargas de trabajo bien balanceadas (por ejemplo, que todas las estaciones tarden aproximadamente 45 segundos en producir cada unidad).

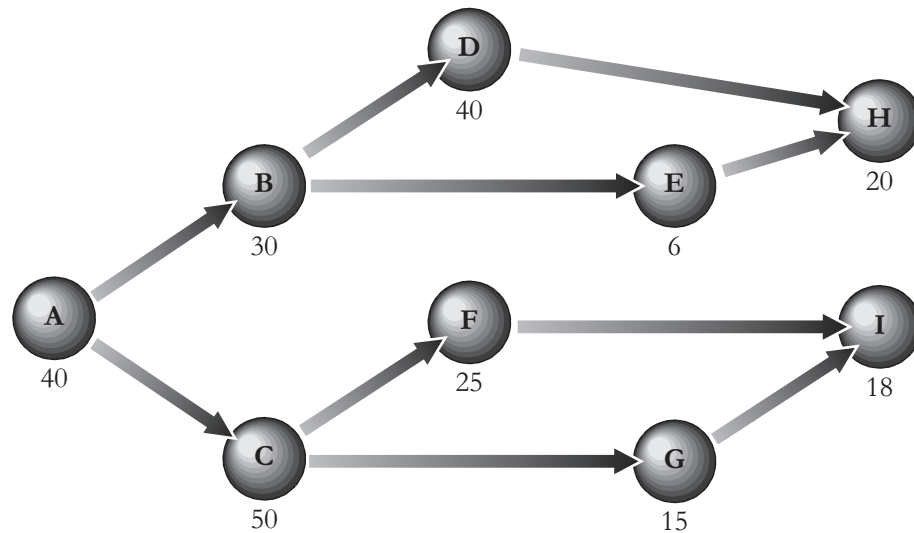
El analista comienza por separar las tareas en elementos de trabajo, es decir, en las unidades de trabajo más pequeñas que puedan realizarse en forma independiente. Luego calcula la norma de trabajo que corresponde a cada elemento, e identifica los elementos de trabajo, llamados predecesores inmediatos, que deben llevarse a cabo antes de comenzar el siguiente.

Diagrama de precedencia. La mayoría de las líneas debe satisfacer algunos requisitos tecnológicos de precedencia, es decir que ciertos elementos de trabajo deben realizarse antes de que los siguientes puedan comenzar. Sin embargo, la mayoría de las líneas permite más de una secuencia de operaciones. Como una ayuda para visualizar mejor los predecesores inmediatos, conviene realizar un diagrama de precedencia indicando los elementos de trabajo por medio de círculos y mostrando debajo de cada uno de ellos el tiempo requerido para realizar el trabajo correspondiente. Las flechas conducen de los predecesores inmediatos al siguiente elemento de trabajo.

Ejemplo para la construcción de un diagrama de precedencia. Una empresa fabricante de equipos para jardinería, está diseñando una línea de ensamble para producir un nuevo aspersor de fertilizante. A partir de la siguiente información referente al proceso de producción, construya un diagrama de precedencia para el aspersor.

<i>Elemento de trabajo</i>	<i>Descripción</i>	<i>Tiempo (s)</i>	<i>Predecesor(es) inmediato(s)</i>
A	Empernar marco de pata a tolva	40	Ninguno
B	Insertar flecha de impulsión	30	A
C	Colocar eje	50	A
D	Colocar agitador	40	B
E	Colocar rueda motriz	6	B
F	Colocar rueda libre	25	C
G	Montar poste inferior	15	C
H	Colocar controles	20	D, E
I	Montar placa de especificaciones	18	F, G
Total		244	

Solución. Comenzamos con el elemento de trabajo A, que no tiene predecesores inmediatos. A continuación, agregamos los elementos B y C, para los cuales el elemento A es el único predecesor inmediato. Después de introducir las normas de trabajo y las flechas que muestran la precedencia, agregamos los elementos D y E, y así sucesivamente. El diagrama simplifica la interpretación. Por ejemplo, el elemento de trabajo F se puede realizar en cualquier lugar de la línea, después de que el elemento C haya sido completado. Sin embargo, el elemento I tendrá que esperar hasta que los elementos F y G estén completos.



Tasa de producción deseada

El objetivo del balance de línea es acoplar la tasa de producción al plan de producción. Por ejemplo, si el plan de producción requiere 4000 unidades por semana y la línea opera 80 horas semanales, la tasa de producción deseada será, en condiciones ideales, de 50 unidades (4000/80) por hora. El acoplamiento de la producción y la demanda asegura entregas a tiempo y previene la acumulación de inventario indeseable. Sin embargo, los gerentes deben abstenerse de rebalancear una línea con demasiada frecuencia, porque cada vez que lo hagan será necesario rediseñar los puestos de muchos trabajadores de la línea, lo cual perjudica temporalmente la productividad y, a veces, requiere incluso una nueva distribución detallada de algunas estaciones de trabajo.

Una posibilidad para evitar los cambios frecuentes es suprimir por completo un turno de producción cuando la demanda descende y los inventarios se vuelven excesivos, en lugar de disminuir gradualmente la tasa de producción. Los gerentes también pueden agregar turnos con miras a incrementar la utilización del equipo, lo cual es crucial para las instalaciones intensivas en capital. No obstante, las tasas de pago más altas o la demanda baja suelen hacer que los turnos múltiples sean indeseables o innecesarios.

Tiempo del ciclo

Después de determinar la tasa de producción deseada para una línea dada, el analista puede calcular el tiempo del ciclo de la línea. El tiempo del ciclo de una línea es el tiempo máximo permitido para trabajar en la elaboración de una unidad en cada estación. Si el tiempo requerido para trabajar con los elementos de una estación es mayor que el tiempo del ciclo de la línea, entonces seguramente habrá cuellos de botella en la estación, los cuales impedirán que la línea alcance su tasa de producción deseada. El tiempo del ciclo establecido como objetivo es el recíproco de la tasa de producción por hora que se desea alcanzar:

$$c = \frac{1}{r}$$

donde: c = tiempo del ciclo en horas por unidad
 r = tasa de producción deseada en unidades por hora



Por ejemplo, si la tasa de producción deseada para la línea es de 60 unidades por hora, el tiempo del ciclo será $c=1/60$ hora por unidad, o sea, 1 minuto.

Mínimo Teórico

Con el fin de alcanzar la tasa de producción deseada, los gerentes usan el balance de línea para asignar cada elemento de trabajo a una estación, asegurándose de satisfacer todos los requisitos de precedencia y de minimizar el número de estaciones, n , resultantes. Si cada estación va a ser operada por un trabajador diferente, la minimización de n maximiza también la productividad del trabajador. El balance perfecto se alcanza cuando la suma de los tiempos de los elementos de trabajo en cada estación es igual al tiempo del ciclo, c , y ninguna estación tiene tiempo ocioso. Por ejemplo, si la suma de los tiempos de los elementos de trabajo correspondientes a cada estación es de 1 minuto, y éste es también el tiempo del ciclo, entonces el balance es perfecto.

Aunque en la realidad no es posible alcanzar el balance perfecto a causa de las irregularidades en los tiempos de los elementos de trabajo y a la inflexibilidad de los requisitos de precedencia, dicho balance constituye un modelo de comparación (*benchmark*), o una meta, que indica cuál es el menor número posible de estaciones en cada caso. El mínimo teórico (TM) (por sus siglas en inglés de *theoretical minimum*) para el número de estaciones es:

$$TM = \frac{\sum t}{c} \quad \text{donde: } \sum t = \text{tiempo total requerido para el ensamble de cada unidad (la suma de todos los tiempos estándar de los elementos de trabajo)}$$

$$c = \text{tiempo del ciclo}$$

Por ejemplo, si la suma de los tiempos de los elementos de trabajo es 15 minutos y el tiempo del ciclo es 1 minuto, entonces $TM = 15/1$, o sea, 15 estaciones. Todos los valores fraccionales obtenidos para el TM se han redondeado porque no sería posible usar fracciones de una estación.

Tiempo ocioso, eficiencia y retraso del balance

Al minimizar automáticamente n , se garantizan: (1) un tiempo ocioso mínimo, (2) una eficiencia máxima y (3) un mínimo retraso de balance. El **tiempo ocioso** es el total del tiempo improductivo de todas las estaciones que participan en el ensamble de cada unidad:

$$\text{Tiempo ocioso} = n \cdot c - \sum t$$

donde: n = número de estaciones
 c = tiempo del ciclo
 $\sum t$ = tiempo estándar total requerido para el ensamble de cada unidad

La **eficiencia** es la razón entre el tiempo productivo y el tiempo total, expresada como un porcentaje:

$$\text{Eficiencia (\%)} = \frac{\sum t}{n \cdot c} \cdot 100$$

El **retraso del balance** es la cantidad que le falta a la eficiencia para totalizar el 100%:

$$\text{Retraso del balance (\%)} = 100 - \text{Eficiencia}$$

Siempre y cuando c sea fija, es posible optimizar los tres objetivos minimizando n .

Ejemplo para el cálculo del tiempo del ciclo, el mínimo teórico y la eficiencia. El gerente de la planta del ejemplo anterior, acaba de recibir los últimos pronósticos de marketing acerca de las ventas del aspersor de fertilizante para el año próximo. Desea que su línea de producción esté diseñada para fabricar 2.400 aspersores por semana, durante los próximos 3 meses cuando menos. La planta estará en operación 40 horas por semana.

- ¿Cuál deberá ser el tiempo del ciclo de la línea?
- ¿Cuál es el menor número de estaciones de trabajo que el gerente podría desear en el diseño de la línea correspondiente a este tiempo del ciclo?
- Supongamos que el gerente ha encontrado una solución que requiere tan sólo cinco estaciones. ¿Cuál sería entonces la eficiencia de la línea?

Solución.

- Convierta primero la tasa de producción deseada (2.400 unidades por semana) a una tasa horaria, dividiendo la tasa de producción semanal entre 40 horas por semana, para obtener $r = 60$ unidades por hora. Entonces el tiempo del ciclo es:

$$c = \frac{1}{r} = \frac{1}{60} \text{ hora/unidad} = 1 \text{ minuto/unidad}$$

- Calcule ahora el mínimo teórico para el número de estaciones dado, dividiendo el tiempo total entre el tiempo del ciclo, $c = 1$ minuto = 60 segundos. Suponiendo un balance perfecto, tenemos:

$$TM = \frac{\sum t}{c} = \frac{244 \text{ segundos}}{60 \text{ segundos}} = 4,067 \quad \text{o sea; } 5 \text{ estaciones}$$

- Calcule ahora la eficiencia de una solución con cinco estaciones, suponiendo por el momento que es posible encontrar dicha solución:

$$\text{Eficiencia (\%)} = \frac{\sum t}{n \cdot c} 100 = \frac{244}{5 (60)} (100) = 81,3\%$$

Así, si el gerente encuentra una solución que alcance TM, la eficiencia (llamada a veces eficiencia teórica máxima) será de sólo 81,3%.

Cómo encontrar una solución. Con frecuencia puede haber muchas soluciones posibles para una línea de ensamble, aun en problemas muy sencillos. Existen en el mercado programas de computadora para ayudarnos a resolver problemas de distribución de procesos que consideran todas las combinaciones factibles de elementos de trabajo que no violan los requisitos de precedencia o el tiempo del ciclo. Al final, se selecciona la combinación que minimice el tiempo ocioso de la estación. Si queda cualquier elemento de trabajo sin asignar, entonces se forma una segunda estación, y así sucesivamente.

El enfoque manual, que a continuación citaremos, es aún más sencillo. Simplemente seleccionamos un elemento de trabajo de una lista de candidatos y lo asignamos a una estación. Repetimos este procedimiento hasta que todas las estaciones hayan quedado formadas, usando, en cada paso, k como contador de la estación que está en formación.



Paso 1. Comience con la estación $k = 1$. Prepare una lista con todos los elementos de trabajo que sean candidatos a la asignación de la estación k . Cada candidato deberá satisfacer tres condiciones:

- Que no haya sido asignado a esta estación ni a ninguna otra anterior.
- Que todos sus predecesores hayan sido asignados a esta estación o a alguna anterior.
- Que su tiempo correspondiente no exceda el tiempo ocioso de la estación, en el cual están incluidos todos los elementos de trabajo que ya han sido asignados. Si ningún elemento de trabajo ha sido asignado aún, el tiempo ocioso de la estación es equivalente al tiempo del ciclo.

Si no es posible encontrar candidatos que reúnan esas condiciones, pase al paso 4.

Paso 2. Escoja un candidato. Generalmente, se usan las dos reglas de decisión siguientes para seleccionar un candidato de la lista:

- Escoja el candidato que tenga el tiempo de elemento de trabajo más largo. Con esta regla heurística se asignan lo más rápidamente posible los elementos de trabajo más difíciles de acomodar a una estación determinada y se reservan para después los elementos de trabajo que tienen tiempos más cortos, lo cual permite hacer ajustes finos a la solución.
- Escoja el candidato que tenga el mayor número de seguidores. Esta regla ayuda a mantener abiertas las opciones para la formación de las estaciones subsecuentes. En otras condiciones, los requisitos de precedencia podrían dejar sólo unas cuantas secuencias posibles de elementos de trabajo, todo lo cual produciría como resultado una cantidad innecesaria de tiempo ocioso en la estación.

Asigne el candidato elegido a la estación k . Si existe un empate entre dos o más candidatos, escoja arbitrariamente a uno de ellos.

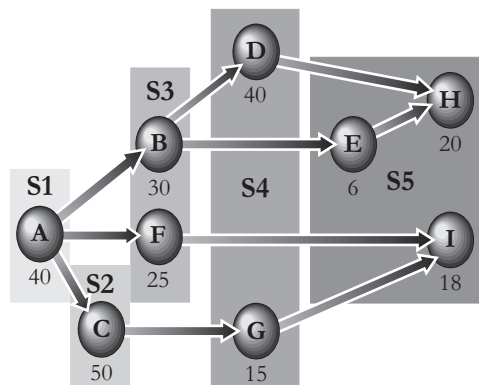
Paso 3. Calcule el tiempo acumulativo de todas las tareas que han sido asignadas hasta ahora a la estación k . Reste este total del tiempo del ciclo a fin de encontrar el tiempo ocioso de la estación. Vaya al paso 1 y elabore una nueva lista de candidatos.

Paso 4. Si algunos elementos de trabajo no han sido asignados todavía, pero ninguno de ellos es candidato a la estación k , genere una nueva estación, la estación $k + 1$, y vaya de nuevo al paso 1. Si no es así, entonces su solución ya está completa.

Ejemplo de cómo encontrar una solución. Encuentre una solución de balance de línea para el problema de la compañía fabricante del aspersor de fertilizante. Use el procedimiento de la solución manual, la regla del tiempo del elemento de trabajo más largo para escoger candidatos y un tiempo de ciclo de 1 minuto.

Solución. La siguiente hoja de cálculo muestra cómo proceder, y en las primeras iteraciones se revela el patrón subyacente.

Estación (paso 1)	Candidato (paso 2)	Selección (paso 3)	Tiempo acumulativo (s) (paso 4)	Tiempo ocioso ($c = 60$ s) (paso 4)
S1	A	A	40	20
S2	B, C	C	50	10
S3	B, F, G	B	30	30
	E, F, G	F	55	5
S4	D, E, G	D	40	20
	E, G	G	55	5
S5	E, I	I	18	42
	E	E	24	36
		H	44	19



Al aplicar esta solución, debemos observar los requisitos de precedencia dentro de cada estación. Por ejemplo, el trabajador de la estación S5 puede realizar el elemento I en cualquier momento, pero no le es posible comenzar con el elemento H hasta que el elemento E esté terminado.

Otras consideraciones

Además de balancear una línea para un tiempo de ciclo dado, los gerentes también consideran otras cuatro opciones: ritmo de paso, factores de comportamiento, número de modelos producidos y tiempo del ciclo.

Ritmo de paso. El movimiento de traslado del producto de una estación a la siguiente después de que el tiempo del ciclo ha transcurrido, se conoce como el ritmo de paso. El manejo automatizado de materiales tiene una gran ventaja, pero también una desventaja. Las pérdidas de capacidad, las dificultades para alinear los componentes que se están ensamblando o la falta de componentes significan que toda la línea tiene que aflojar el paso o que el trabajo inconcluso tendrá que ser retirado de la línea para ser completado más tarde. Las líneas con ritmo fijo no cuentan con un inventario amortiguador, por lo cual son especialmente susceptibles a las pérdidas de capacidad y a la variabilidad en los tiempos de elementos de trabajo. Las líneas sin ritmo fijo requieren la designación de áreas para almacenamiento de inventario entre las estaciones. Esas áreas de almacenamiento provocan que el tiempo ocioso que se presenta inesperadamente en una estación tenga menos probabilidades de retrasar el trabajo que se realiza en las fases subsiguientes del proceso, pero elevan los costos por concepto de espacio e inventario.

Factores de comportamiento. El aspecto de las distribuciones por productos más sujeto a controversia es la respuesta que provocan en términos de comportamiento. En varios casos se ha demostrado que la instalación de líneas de producción agudiza el ausentismo, la rotación de personal y los agravios. La producción con ritmo fijo y la alta especialización (por ejemplo, con ciclos de tiempo de menos de dos minutos) disminuye la satisfacción en el trabajo. En general, los trabajadores prefieren contar con inventarios amortiguadores como un medio para evitar el mecánico ritmo fijo.

Muchas compañías están explorando la ampliación y rotación de puestos de trabajo para impartir mayor variedad al empleo y reducir la especialización, aunque estos esfuerzos no siempre tienen éxito porque algunos trabajadores pueden reaccionar desfavorablemente ante la ampliación de los puestos de trabajo. El nuevo formato es conocido como línea artesanal porque los trabajadores participantes son personas dotadas de muchas destrezas, resulta menos eficiente en la fabricación de productos pesados y de alto volumen, como automóviles.

Número de modelos producidos. Una línea de modelos mixtos produce varios artículos pertenecientes a una misma familia, en cambio una línea de un solo modelo produce dicho modelo sin variación alguna. La producción con modelos mixtos permite que una planta alcance tanto un alto volumen de producción como cierta variedad en sus productos. Sin embargo, eso complica la programación y acrecienta la necesidad de que exista una buena comunicación acerca de las partes específicas que habrán de producirse en cada estación. Es necesario tener cuidado de alternar los modelos, de modo que no se sobrecarguen ciertas estaciones durante demasiado tiempo. A pesar de esas dificultades, la línea de modelos mixtos puede ser la única opción razonable cuando los planes requieren la elaboración de muchas opciones para los clientes, pues los volúmenes pueden no ser lo bastante altos para justificar que se destine una línea por separado a cada modelo.

Tiempo de ciclo. El tiempo de ciclo de una línea depende de la tasa de producción deseada (o bien, en algunas ocasiones, del número máximo de estaciones de trabajo permitidas). A su vez, la eficiencia máxima de línea varía considerablemente según el tiempo del ciclo seleccionado. Por eso tiene sentido explorar un rango completo de tiempos del ciclo. Un gerente podría encontrar una solución particularmente eficiente, aunque no coincidiera con la tasa de producción y compensar el desajuste correspondiente modificando el número de horas que funciona la línea, ya sea por medio de horas extra, ampliación de turnos o adición de nuevos turnos. La respuesta podría ser incluso el uso de líneas múltiples.



Otra posibilidad consiste en dejar que se acumule durante algún tiempo un inventario de bienes terminados, y después balancear de nuevo la línea a una tasa de producción más baja para agotar el excedente. El uso de esta estrategia deberá ponderarse frente a los costos de realizar un nuevo balance de línea.



La fotografía presenta una línea de montaje en una fábrica de motos. Este tipo de empresa es de productos múltiples, con una tecnología poco estable y compleja que es muy difícil de adecuarse a la automatización rígida; aunque el sistema igualmente se diseña para alcanzar la máxima eficiencia en el proceso continuo a velocidad constante. El conjunto es controlado por operarios y sensores conectados a computadoras que vigilan permanentemente si las operaciones se hacen bien. Estamos muy cerca de la factoría totalmente automatizada.

CREACIÓN DE DISTRIBUCIONES HÍBRIDAS

Cuando los volúmenes no son tan altos como para que se justifique dedicar una línea de múltiples trabajadores a un solo producto, los gerentes todavía pueden obtener los beneficios de la distribución por productos (flujos de línea, manejo de materiales más sencillo, bajos tiempos de preparación y menos costos de mano de obra), creando distribuciones por productos en algunas secciones de la instalación. Una técnica para crear diseños híbridos son las celdas de un trabajador- múltiples máquinas (OWMM; por sus siglas del inglés, *one worker- multiple machines*).

Un trabajador-múltiples máquinas. Si los volúmenes no son suficientes para mantener ocupados a los trabajadores en una línea de producción, el gerente tiene la posibilidad de establecer una línea lo suficientemente pequeña como para mantener a un solo trabajador en actividad. Una celda formada por una persona es la teoría que está detrás de la celda de un trabajador-múltiples máquinas (OWMM), en la cual un trabajador maneja varias máquinas diferentes al mismo tiempo, para producir un flujo de línea. No es raro que un trabajador maneje varias máquinas idénticas. Por ejemplo en la industria de semiconductores, un trabajador opera varias sierras que cortan barras de silicio en rebanadas, a fin de fabricar microcircuitos para computadora. Sin embargo, en la célula OWMM, la línea está integrada por varias máquinas diferentes.

La figura 14.7 ilustra una celda OWMM constituida por cinco máquinas colocadas en círculo con un operario en el centro (también es común colocar las máquinas en una disposición en forma de U). El operador se mueve alrededor del círculo, realizando las tareas que no sean automatizadas (por lo general las de carga y descarga). Es posible producir diferentes productos o partes en una misma célula OWMM, modificando los ajustes de las máquinas. Si el ajuste inicial de una máquina para fabricar una parte es especialmente laborioso, la gerencia puede agregar a la celda otra máquina similar a fin de utilizarla cuando se tenga que fabricar dicha parte.

Una disposición OWMM reduce los requisitos, tanto de inventario como de mano de obra. El inventario se reduce porque los materiales pasan directamente a la siguiente operación, en lugar de apilarse en filas de espera. La mano de obra se reduce porque hay un mayor número de operaciones automatizadas. La adición de varios dispositivos automatizados de bajo costo suele maximizar el número de máquinas incluidas en una disposición OWMM, como cambiadores automáticos de herramientas, cargadores y descargadores, dispositivos de arranque y detención o artefactos a prueba de fallos que detectan las partes o los productos defectuosos.

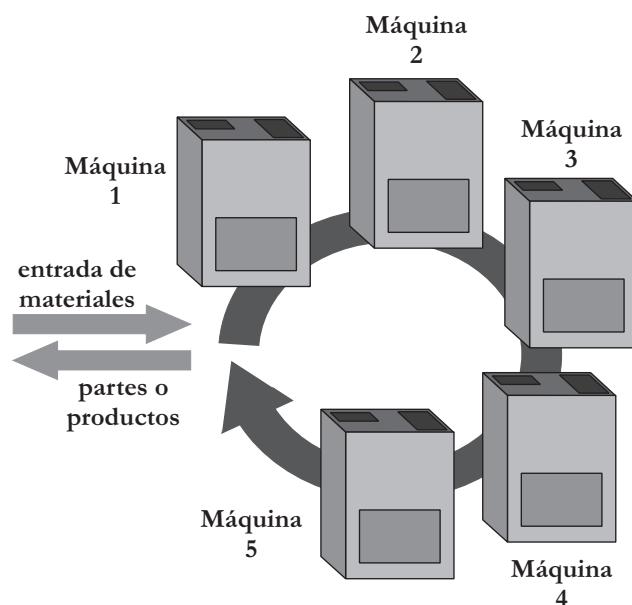


Figura 14.7
Celda de un trabajador-múltiples máquinas (OWMM).

En la figura 14.8 se observa cómo las máquinas que normalmente estarían dispersas en varios departamentos se acomodan en un pequeño grupo de tal forma que las ventajas de los sistemas orientado al producto puedan ser logradas para soportar un lote en particular o una familia de lotes. La celda de trabajo se construye alrededor del producto.

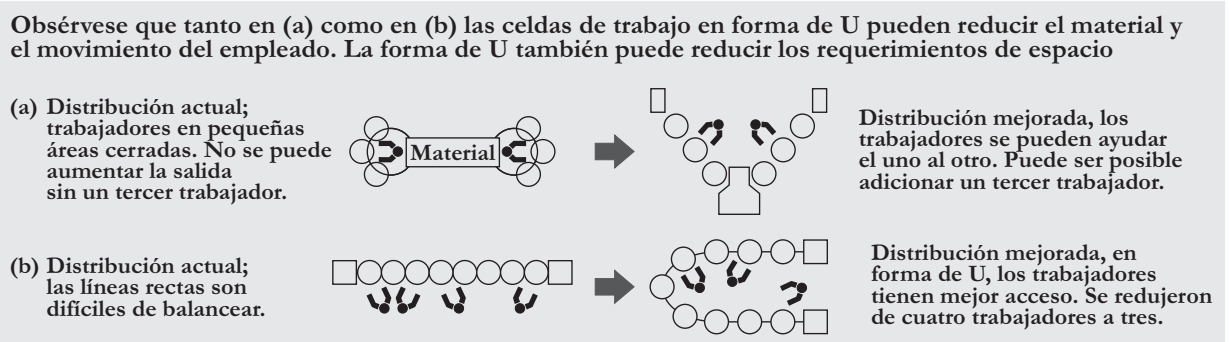


Figura 14.8

Mejora de la distribución al moverse hacia el concepto de celda de trabajo.





Una de las mejores formas de organizar el trabajo es reunir en la definición del puesto un conjunto de tareas que tienen continuidad e interdependencia y que juntas alcanzarán un alto grado de identidad. Existe una unidad natural de trabajo en un carácter completo. Cuando es posible organizar el trabajo en grupos, se puede asignar un conjunto de tareas

a un equipo de trabajadores. En la producción de tela tubular de polipropileno de la foto, el proceso ha sido subdividido en tareas, asignando un grupo de ellas a cada operario. Aquí, el tubo avanza lentamente y es posible que con un adecuado diseño del puesto de trabajo, se consiga que el operario se sienta identificado con su trabajo en un grado importante.

Tecnología de grupo. La segunda opción para encontrar distribuciones por productos con procesos de bajo volumen es la tecnología de grupo (GT). Esta técnica de manufactura genera células que no se limitan a un solo trabajador y tiene una forma única para seleccionar el trabajo que la celda deberá realizar. En el método GT, las partes o productos con características similares se agrupan en familias y conjuntos junto a grupos de máquinas utilizadas para su producción. Las familias pueden basarse en el tamaño, la forma, los requisitos de manufactura o en la demanda. El objetivo es identificar un conjunto de productos que tenga requisitos de procesamiento similares y minimizar los cambios o los ajustes para la preparación de las máquinas. Por ejemplo, todos los tornillos podrían asignarse a la misma familia porque, independientemente de su forma o tamaño, todos requieren los mismos pasos básicos para su procesamiento. La figura 14.9 muestra partes que pertenecen a la misma familia.

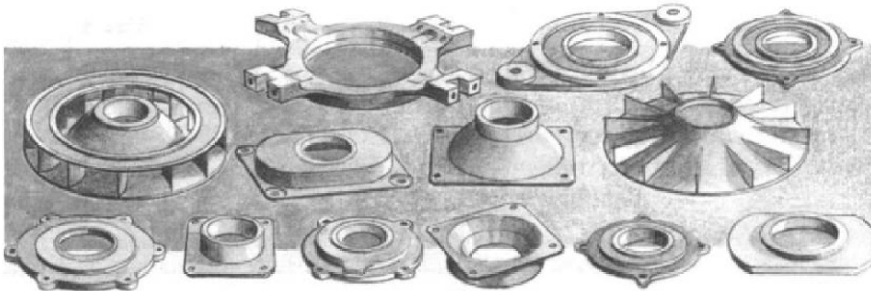


Figura 14.9

Partes pertenecientes a la misma familia.

Una vez que las partes han sido agrupadas en familias, el siguiente paso consiste en organizar las máquinas y herramientas necesarias para realizar los procesos básicos que las partes requieren, en celdas separadas. Las máquinas de cada celda requieren solamente ajustes menores para pasar de la producción de una parte a la siguiente, dentro de la misma familia. Cuando las rutas que recorren los productos se simplifican, las células GT reducen el tiempo que cada trabajo permanece en el taller. Así se acotan o eliminan las filas de espera de los materiales que van a utilizarse. Con frecuencia, el manejo de materiales se ha automatizado para que, después de haber cargado las materias primas en la celda, el trabajador no tenga que manipular las partes en proceso de fabricación sino hasta que todo el trabajo esté terminado.

En la figura 14.10 se presenta una comparación de los flujos de procesos antes y después de la creación de celdas GT. La figura 14.10(a) muestra un taller donde las máquinas están agrupadas de acuerdo con la función: tornos, fresadoras, taladros, rectificadoras y ensamble. Una vez que una parte ha sido torneada, pasa a alguna de las máquinas fresadoras, donde espera en fila hasta que su grado de prioridad sea más alto que el de cualquiera otro de los trabajos que compiten por la capacidad disponible de la máquina. Cuando la operación de fresado de la parte ha finalizado, ésta pasa a una máquina taladradora, y así sucesivamente. Las filas de espera suelen ser largas, lo cual provoca considerables retrasos en términos de tiempo. Los flujos de materiales llegan a ser muy complicados porque las partes que están siendo procesadas en cualquier área del taller se desplazan por muchas rutas diferentes.

En cambio, el gerente del taller ilustrado en la figura 14.10(b) ha identificado tres familias de productos que constituyen la mayor parte de la producción de su empresa. Una de esas familias requiere siempre dos operaciones de torneado, seguidas de una operación en las máquinas fresadoras. La segunda familia siempre requiere una operación de fresado, seguida de una operación de rectificación. La tercera familia requiere la utilización de un torno, una fresadora y la prensa taladradora. Para simplificar, aquí sólo se han mostrado los flujos de las partes asignadas a esas tres familias. Las demás partes se fabrican en máquinas que están fuera de esas celdas, y también tienen rutas muy complicadas. Puede ser necesario duplicar algunas piezas del equipo como cuando se requiere una máquina para una o varias celdas y para otras operaciones fuera de dichas células. Sin embargo, al crear tres celdas GT, el gerente ha creado positivamente más flujos de línea y ha simplificado las trayectorias.

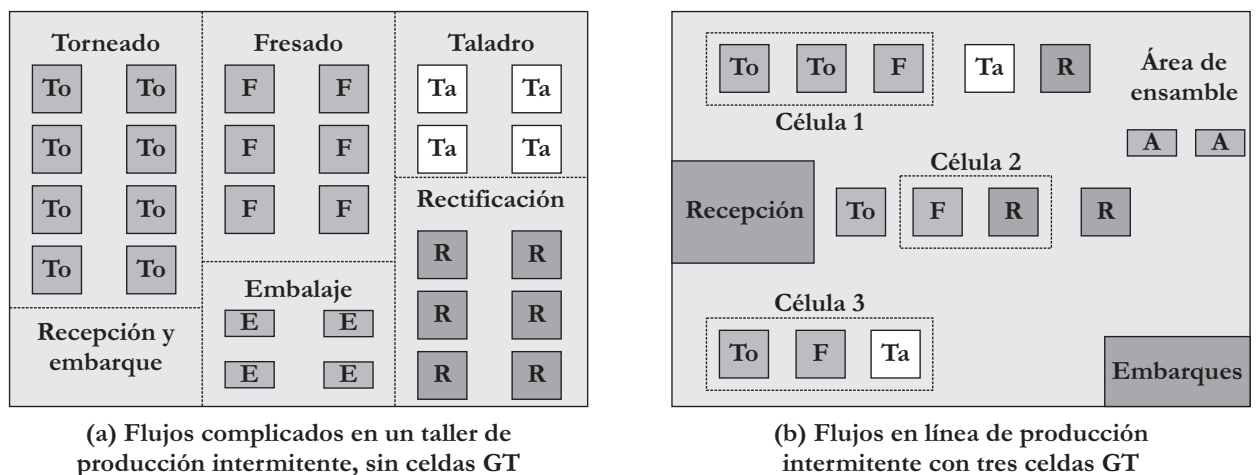


Figura 14.10

Flujos de procesos antes y después del uso de celdas GT.

DISTRIBUCIÓN FÍSICA DE POSICIÓN FIJA

Una distribución física de posición fija es aquella en la cual el proyecto permanece estacionado y requiere que los trabajadores y el equipo se desplacen al área de trabajo. Los ejemplos de este tipo de proyecto son un barco, una carretera, un puente, una casa o un pozo quemador de petróleo.

Las técnicas para señalar la distribución de posición fija no están bien desarrolladas. Los lugares de construcción y los astilleros marcan este punto sobre una base ad hoc. Por ejemplo, en el caso de los astilleros, se cuentan con áreas de carga llamadas plataformas adyacentes al barco, las cuales son asignadas por un departamento de programación.



La distribución de posición fija se complica por tres factores:

1. Existe espacio limitado en prácticamente todos los lugares.
2. En diferentes etapas, en el proceso de construcción, se necesitan diferentes materiales; en consecuencia, los diversos componentes llegan a convertirse en críticos, conforme se desarrolla el proyecto. Esto aumenta la dinámica de la programación al problema de la disposición física.
3. El volumen de los materiales necesarios es dinámico. Por ejemplo, la tasa de la utilización de paneles de acero para el caso del barco cambia según progresa el proyecto.

Debido a que la distribución de posición fija es tan difícil de resolver en el sitio, se puede utilizar una estrategia alterna, que consiste en completar el proyecto, cuanto sea posible, fuera del sitio. Este sistema es utilizado en la industria de la fabricación de barcos cuando las unidades estándar, por ejemplo ménsulas para sostén de tuberías, son ensambladas en un proceso de línea de ensamble en las cercanías (una instalación orientada al proceso)

Esta es una estrategia para traer eficiencia adicional a la construcción de barcos. Similarmente, otras empresas especialistas en la construcción de proyectos están experimentando con tecnología de grupos para producir componentes.



Con tres satélites diseñados y contruidos ya puestos en órbita, INVAP se ha ganado un lugar de privilegio en el escenario internacional. Estos proyectos se construyen mediante la distribución de posición fija tradicional: en un sitio, con equipo, materiales y trabajadores traídos a ese sitio. Sin embargo, las soluciones imaginativas de POM permiten que estos proyectos se construyan a mucho menor costo, a través de módulos móviles en una fábrica donde el equipo y el manejo de materiales son expeditos.

DISTRIBUCIÓN DE ALMACENES

Los almacenes son similares a las plantas de manufacturas por el hecho de que los materiales se transportan entre varios centros de actividad. Gran parte de la exposición anterior respecto a las distribuciones en las manufacturas es aplicable a los almacenes. Sin embargo, éstos representan un caso especial porque el proceso central de un almacén es el abastecimiento, no un cambio físico o químico.

A continuación se ilustra el tipo más sencillo de distribución física para almacenes. El almacén A-1 recibe artículos en la plataforma de descarga y los lleva a un área de almacenamiento. Más tarde, los operarios retiran unidades del inventario para surtir cada uno de los pedidos que hacen los clientes. Por ejemplo, la tabla siguiente muestra que, en caso de los tostadores eléctricos, se realizan 280 recorridos por semana entre la plataforma de descarga y el área de almacenamiento.

Área de Almacenamiento		Departamento	Recorridos desde y hacia la plataforma	Área necesaria (bloques)
Plataforma		1. Tostadores eléctricos	280	1
		2. Aparatos de aire acondicionado	160	2
	Corredor	3. Hornos de microondas	360	1
		4. Aparatos estereofónicos	375	3
		5. Televisores	800	4
		6. Radios	150	1
		7. Almacenamiento a granel	100	2
Área de Almacenamiento				

Podríamos encontrar una solución para la distribución mediante el método utilizado anteriormente. Sin embargo, en virtud de que todos los recorridos tienen lugar entre la plataforma y los distintos departamentos, y no se realiza ningún recorrido entre los departamentos, podemos usar un método aún más sencillo, el cual garantiza que minimiza el puntaje *ld*. La regla de decisión es la siguiente:

1. *Áreas iguales*. Si todos los departamentos requieren el mismo espacio, simplemente coloque en el lugar más cercano a la plataforma el que genere el mayor número de recorridos; a continuación, coloque el departamento que genere el segundo mayor número de recorridos en el segundo lugar más cercano a la plataforma, y así sucesivamente.
2. *Áreas desiguales*. Si algunos departamentos necesitan más espacio que otros, asigne la ubicación más próxima a la plataforma al departamento que tenga la razón más alta de la frecuencia de recorridos entre el espacio de bloques. El departamento que tenga la segunda razón más alta ocupará el segundo lugar más próximo, y así sucesivamente.

Ejemplo de determinación de la distribución para un almacén. Determine una nueva distribución física para el almacén A-1, que minimice el puntaje *ld*.

Solución. Puesto que los departamentos tienen diferentes requisitos de área, debemos calcular primero sus respectivas razones entre recorridos y espacios de bloques.

Departamento	Razón	Clasificación
1. Tostadores eléctricos	$280/1 = 280$	2
2. Aparatos de aire acondicionado	$160/2 = 80$	6
3. Hornos de microondas	$360/1 = 360$	1
4. Aparatos estereofónicos	$375/3 = 125$	5
5. Televisores	$800/4 = 200$	3
6. Radios	$150/1 = 150$	4
7. Almacenamiento a granel	$100/2 = 50$	7

El departamento 3 (hornos de microondas), mostró la razón más alta, por lo cual fue clasificado en primer lugar. A pesar de que representa 360 recorridos semanales, este departamento ocupa solamente un bloque de espacio. Clasificando los siguientes departamentos de acuerdo con sus razones, obtenemos 1, 5, 6, 4, 2 y 7. La siguiente figura muestra la distribución derivada de esta clasificación. El departamento 3 fue el primero que elegimos y pudo haber sido colocado en cualquiera de las dos localizaciones más próximas a la plataforma. Escogimos la del norte y le asignamos la del sur al departamento 1.



		Área de Almacenamiento						
		3	5	5	6	4	2	7
Plataforma		Corredor						
		1	5	5	4	4	2	7
		Área de Almacenamiento						

Opciones adicionales para la distribución. Aún cuando la distribución que acabamos de exponer tiene la ventaja de la simplicidad, otras opciones podrían ser más eficaces. En primer lugar, la demanda de diferentes artículos suele ser estacional. Así, una distribución eficiente puede consistir en colocar los juguetes más cerca de la plataforma en la temporada de Navidad y los aparatos de calefacción más cerca de la plataforma en el invierno.

En segundo lugar, varias formas de utilizar el espacio ofrecen opciones adicionales para la distribución. Por ejemplo, un almacén más pequeño puede alojar el mismo volumen que otro más grande si cuenta con mayor productividad de la superficie al utilizar anaqueles y equipos especiales de almacenamiento hasta grandes alturas.

En tercer lugar, los diferentes patrones de distribución ofrecen aún más opciones a este respecto. El almacén del ejemplo anterior tiene un patrón **afuera y atrás**, en el cual los artículos se recogen uno a la vez, pero también existen otras opciones. En un sistema de **recolección por ruta**, el operario que recoge los artículos selecciona los diversos elementos que habrán de enviarse a un cliente. En un sistema de **recolección por lotes**, dicho empleado recoge la cantidad necesaria de un artículo para atender un grupo de pedidos de clientes, pues esos pedidos serán embarcados en el mismo camión. Por último, el **sistema de zonas**, el empleado a cargo de recoger la mercancía reúne todos los artículos necesarios correspondientes a la zona que le fue asignada y los coloca en una línea transportadora impulsada por motor. La figura 14.11 ilustra el sistema de zonas para un almacén. La línea transportadora está constituida por cinco líneas de alimentación y una línea principal. Cuando llega la mercancía a la estación de control, un operador la dirige hacia el remolque correspondiente para que sea embarcada hacia el exterior. La ventaja del sistema de zonas es que los operarios que recogen la mercancía no tienen que desplazarse por todo el almacén para atender los pedidos; sólo son responsables de su respectiva zona.

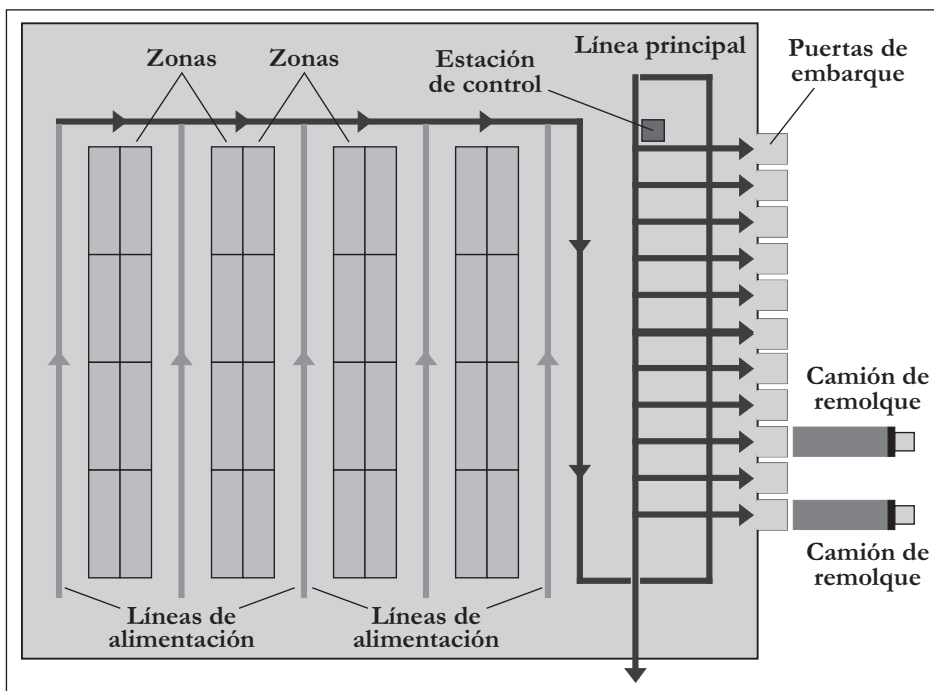


Figura 14.11
*Sistema de zonas
para un almacén.*

DISTRIBUCIÓN DE OFICINAS

La distribución física de las oficinas suele afectar tanto la productividad como la calidad de vida laboral; por ello cualquier mejora en sus respectivos ambientes de trabajo se transforma inmediatamente en un incremento de la productividad de los sectores afectados.

Proximidad. El hecho de tener fácil acceso a los compañeros de trabajo y a los supervisores suele fomentar la comunicación y desarrollar el interés mutuo. Las conversaciones tienden a ser más formales a medida que los individuos se encuentran a mayores distancias unos de otros. El famoso estudio de Hawthorne, realizado en 1939, demostró que el entorno físico influye en la formación de grupos. En ese estudio, la gerencia utilizó el espacio como lenguaje para decir a los trabajadores incluidos en el grupo experimental que los consideraba importantes. La gerencia cambió tanto las localizaciones absolutas como las relativas de los trabajadores asignándoles una habitación separada, lejos de los ojos vigilantes del supervisor. Esa nueva distribución facilitó el contacto entre los trabajadores y fomentó el establecimiento de normas de grupo. Otros estudios más recientes confirman que la proximidad a los compañeros puede ayudar al empleado a percibir con claridad lo que se espera de él en el trabajo y en otros aspectos.

En el diseño de oficinas se intenta maximizar la proximidad de los trabajadores cuyos empleos requieren una interacción frecuente. Los datos recopilados acerca de la frecuencia e importancia de las interrelaciones pueden utilizarse en una gráfica REL o en una matriz de recorridos. Es posible usar ciertos procedimientos para identificar las agrupaciones naturales de trabajadores que deberán ser consideradas como centros en los planos de bloques. El objetivo de esos métodos consiste en diseñar distribuciones en torno de los flujos de trabajo y a los patrones de comunicación.

Privacidad. Otro factor clave en el diseño de oficinas (el cual, en cierto modo, depende de la cultura) es la privacidad. Las perturbaciones externas y el hacinamiento pueden perjudicar el rendimiento del trabajador. En muchas oficinas abiertas, las relaciones de los empleados son favorables; pero en otras, al tratar de aumentar la proximidad de los trabajadores y convertir los espacios de trabajo privados en un plano de oficinas abiertas, los resultados son totalmente desalentadores. En estos casos los trabajadores sienten que están como trabajando en una pecera y que tienen muy poco control sobre su propio ambiente. Estudios realizados en varias oficinas públicas de gobierno revelaron una fuerte relación entre la privacidad y la satisfacción del empleado con el supervisor y el empleo.

Opciones de la distribución de oficinas

El objetivo de proporcionar tanto proximidad como privacidad a los empleados plantea un dilema a la gerencia. La proximidad se consigue abriendo el área de trabajo. La privacidad se obtiene con normas de espacio más liberales, cielos rasos deflectores, puertas, muros divisorios y gruesas alfombras que absorban el ruido; es decir, con características costosas que reducen la flexibilidad de la distribución. Por eso, la gerencia tiene que encontrar una solución de compromiso entre la proximidad y la privacidad. Para lograrlo, dispone de cuatro enfoques diferentes: distribuciones tradicionales, ambiente de oficina, disposición de actividades y cabañas electrónicas. Para realizar la selección correspondiente, es necesario comprender los requisitos de trabajo, a la fuerza laboral en sí misma y la filosofía de trabajo de la alta gerencia.

Las **distribuciones tradicionales** requieren oficinas cerradas para la gerencia y para los empleados -cuyo trabajo necesita privacidad- y áreas abiertas para todos los demás. La distribución resultante se puede caracterizar por largos corredores bordeados por puertas cerradas, lo cual produce un aislamiento considerable y por áreas abiertas llenas de escritorios en hileras uniformemente dispuestas. En la distribución tradicional, cada persona tiene asignado un sitio. La localización, tamaño y mobiliario de éste denotan la jerarquía de esa persona en la organización.



Un método desarrollado en Alemania a fines de la década de 1950 sugiere colocar a todos (incluida la alta gerencia) en un área abierta. El espacio está repartido mediante divisiones hasta la altura de los hombros. La idea es favorecer una cooperación más estrecha entre los empleados de todos los niveles. Sin embargo, todavía es inadecuado para los oídos de los empleados a los que les molesta tanto ruido.

Una ampliación de este concepto se conoce como **ambiente de oficina**: con plantas atractivas, pantallas y divisiones portátiles, se propicia la privacidad y se integran o separan los diversos grupos. Las estaciones de trabajo y los accesorios móviles ayudan a mantener la flexibilidad. En virtud de que las estaciones de trabajo (o cubículos) sólo son semiprivadas, es posible que a los empleados les resulte difícil concentrarse o que se sientan incómodos cuando tienen que discutir asuntos delicados. En este tipo de distribución, los costos de construcción son hasta 40% más bajos que los de distribuciones tradicionales y los costos de la reubicación son todavía más bajos.

La **disposición de actividades** es un nuevo concepto que intenta conseguir tanto la proximidad como la privacidad. Toda la gama de necesidades laborales queda cubierta mediante los centros de trabajo múltiples, los cuales incluyen biblioteca, instalación para teleconferencias, áreas de recepción, sala de conferencias, área especial de gráficas y terminales compartidas. Los empleados pasan de un ambiente de actividades al siguiente, según lo requiera su trabajo en el curso del día. Cada individuo cuenta también con una pequeña oficina personal que constituye su propia base.

Algunos futuristas esperan que un número cada día mayor de empleados trabaje en su casa o en oficinas ubicadas en el mismo barrio, conectados con la oficina principal por medio de computadoras. Este enfoque, conocido como **teletrabajo** o de **cabañas electrónicas**, además del ahorro por concepto de tiempo de desplazamiento, ofrece flexibilidad en los horarios de trabajo, principalmente para hombres y mujeres que trabajan y tienen hijos. Sin embargo, también suele tener desventajas, como la falta de equipo, un exceso de interrupciones a causa de la familia y muy escasas oportunidades de socializar y hacer relaciones. Algunos gerentes suelen quejarse respecto a que no pueden supervisar (y mucho menos llegar a conocer) a sus empleados si no cuentan con la oportunidad

PUNTOS RELEVANTES

- Los gerentes de operaciones planean la adquisición oportuna, el uso y la disposición de la capacidad.
- La planificación de la capacidad a largo plazo es crucial para el éxito de una organización porque frecuentemente implica grandes inversiones en instalaciones y equipo y porque tales decisiones no son fácilmente reversibles.
- La capacidad puede expresarse en función de medidas de insumos o productos. Cuando una empresa proporciona productos o servicios **estandarizados**, resulta útil medir la producción en términos del número de servicios o productos terminados en un período de tiempo dado. Sin embargo, una declaración del número de productos o servicios **personalizados**, terminados en un periodo dado, carece de significado porque el contenido de trabajo por unidad varía. La demanda de productos y servicios personalizados debe traducirse en cantidades de insumos, como horas de mano de obra, horas máquina y requisitos de materiales.
- Las economías de escala provienen de la dispersión de costos fijos, la reducción de los costos de construcción, el recorte de los costos de materiales comprados y la obtención de las ventajas del proceso. Las deseconomías de escala hacen que algunas compañías enfoquen sus operaciones y opten por tener instalaciones más pequeñas, en lugar de más grandes.
- La magnitud deseable para un “colchón” de capacidad varía dependiendo de las prioridades competitivas, del costo de la capacidad no utilizada, de la flexibilidad de recursos, de la incertidumbre referente al suministro, de la variabilidad de la vida útil del producto en el estante, de la incertidumbre en torno a la demanda y de otros factores.

- Los cuatro pasos en la planificación de la capacidad son: (1) calcular los requisitos de capacidad, (2) identificar las brechas, (3) desarrollar alternativas y (4) evaluar las alternativas.
- Las decisiones en materia de distribución física abarcan algo más que la localización de los centros de actividad económica. Otros aspectos igualmente importantes son: qué centros será necesario incluir, cuánto espacio necesitan y cómo configurar sus espacios.
- Hay cuatro tipos de distribución física: por procesos, por productos, híbrida y de posición fija. La selección que lleve a cabo la gerencia deberá reflejar su estrategia de flujo. Para los flujos flexibles se requiere una distribución por procesos, en tanto que para los flujos de línea es necesaria una distribución por productos. Las distribuciones híbridas, como la OWM, las celdas GT y el FMS, reflejan una estrategia de flujo intermedio.
- En la mayoría de los casos, la inversión de capital, el costo de manejo de materiales y la flexibilidad son criterios importantes para juzgar la eficiencia de las distribuciones físicas. En el caso de tiendas comerciales u oficinas, se pone mayor interés en criterios enteramente distintos, como el fomento de las ventas o la comunicación.
- Para el diseño de una distribución por procesos es necesario recopilar la información, desarrollar un plano de bloques aceptable y traducir dicho plano en una distribución física detallada. La información necesaria para diseñar distribuciones por procesos incluye los requisitos de espacio por centro, el espacio disponible, el plano de bloques para las distribuciones existentes, las clasificaciones de proximidad y los criterios de rendimiento relacionados con cuestiones de localización absoluta. Es posible representar las clasificaciones de proximidad en forma tabular, ya sea en una matriz de recorridos o en una gráfica REL. Un método manual para encontrar un plano de bloques adecuado comienza con la redacción de una lista de los requisitos clave, para lo cual se puede tomar como base las altas clasificaciones de proximidad y otras consideraciones. A continuación, se avanza por tanteos (ensayo y error) en la elaboración de un plano de bloques que satisfaga la mayor parte de los requisitos. Un puntaje carga-distancia es útil en la evaluación del plano, para aclarar las cuestiones referentes a la localización relativa. En la actualidad disponemos de varios modelos que se analizan por programas de computación y que son recursos auxiliares para la toma de decisiones sobre distribución física.
- La situación más sencilla que se presenta en un almacén es el patrón de afuera y atrás. La proximidad de los departamentos a la plataforma de carga depende de la razón de la frecuencia de recorridos entre las necesidades de espacio. Otros patrones posibles son la recolección por ruta, la recolección por lotes y los sistemas de zonas.
- El efecto de una distribución física sobre las personas es particularmente visible en las oficinas. La distribución afecta la productividad y la calidad de vida laboral. Cuatro enfoques para resolver el trueque de ventajas y desventajas entre la proximidad y la privacidad son: las distribuciones tradicionales, el ambiente de la oficina, la disposición de las actividades y las cabañas electrónicas.
- En las distribuciones por productos, las estaciones de trabajo están dispuestas en una secuencia lógica que se produce en forma un tanto natural, ya sea que se trate de producción en alto volumen o solamente de un producto o una familia de productos. En virtud de que la disposición física está determinada por el diseño del producto, la gerencia debe ocuparse del balance de línea, el ritmo de paso, el comportamiento, el número de modelos y los tiempos de los ciclos.
- En el balance de línea, las tareas son asignadas a las estaciones de manera que sea posible satisfacer todas las restricciones de precedencia y de tiempos del ciclo, al tiempo que se reduce al mínimo el número de estaciones requeridas. El balance minimiza el tiempo ocioso, maximiza la eficiencia y minimiza los retrasos. La tasa de producción que se desea obtener de una línea depende no sólo de los pronósticos de demanda sino también de la frecuencia con que sea necesario volver a balancearla, de la utilización de la capacidad y de la especialización del trabajo. Una manera de realizar el balance de línea consiste en crear una estación a la vez. En cada iteración se añade a una estación un elemento de trabajo, el cual se selecciona de una lista de candidatos. Dos reglas de decisión que se utilizan comúnmente para realizar esta selección son: la del tiempo del elemento de trabajo más largo y la regla del mayor número de seguidores.



TÉRMINOS CLAVE

- Balance de línea
- Brecha de capacidad
- Capacidad
- Capacidad efectiva
- Capacidad normal
- Capacidad pico
- Caso base
- Colchón de capacidad
- Cuello de botella
- Distribución de posición fija
- Distribución híbrida
- Distribución por procesos
- Distribución por productos
- Economías de escala
- Flexibilidad de la distribución
- Flujo de efectivo
- Gráfica REL
- Línea de modelos mixtos
- Planificación de la dimensión
- Plano de bloques
- Predecesores inmediatos
- Retraso del balance
- Tecnología de grupo
- Tiempo del ciclo

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Ackerman, K.B. y Lalonde, B.L. *Making Warehousing More Efficient*. Harvard Business Review (marzo-abril de 1980), págs. 94-104

Adler, M. y otros *Producción y Operaciones*. Buenos Aires. Ed. Macchi. 2004.

Chase, R., Aquilano, N. y Jacobs, F.R. *Administración de Producción y Operaciones*. Colombia. Ed. McGraw Hill. 8ª edición.

Francis, R.L., McGinnis Jr. L.F. y White J.A. *Facility Layout and Location: An Analytical Approach*. 2a. ed. Englewood Cliffs, N.J. Prentice-Hall, 1992.

Heizer, J. y Render, B. *Dirección de la Producción. Decisiones Estratégicas*. Prentice Hall. 6ª edición.

Murdick, R.; Render, B y Russell, B. *Service Operations Management*. Boston. Allyn & Bacon, 1990.

Primrose, P. *Investment in Manufacturing Technology*. New York. Van Nostrand Reinhold, 1991.

Render, B y Heizer, J. *Principios de Administración de Operaciones*. México. Prentice-Hall. 1996.

Schmenner, R.W. *Making Business Location Decisions*. Englewood Cliffs, N.J. Prentice-Hall, 1982.